



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

TRABAJO FINAL DE GRADO

EFFECTS OF A CONTACT LENS OF GRADIENT OF POWER IN THE THICKNESS OF COROIDS OF YOUNG MYOPIES

MARTA JIMÉNEZ MELGARES

DIRECTORES: LLUÏSA QUEVEDO I JUNYENT Y JAUME PAUNÉ FABRÉ DEPARTAMENTO: ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

**FECHA DE LECTURA
27 DE OCTUBRE DE 2016**



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

La Sra. Lluïsa Quevedo Junyent, como directora del trabajo y el Sr. Jaume Pauné Fabrè, como codirector del trabajo,

CERTIFICAN

Que la Sra. Marta Jiménez Melgares ha realizado bajo su supervisión el trabajo *Efectos de una lente de contacto de gradiente de potencia en el grosor de coroides de jóvenes miopes* que se recoge en esta memoria para optar al título de grado en Óptica y Optometría.

Y para que conste, firman este certificado.

Sra. Lluïsa Quevedo i Junyent

Sr. Jaume Pauné Fabrè

Directora del trabajo

Director del trabajo

Terrassa, 27 de Octubre de 2016



AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a todas aquellas personas que me han ayudado o han participado en la realización de este trabajo.

Primero de todo, quiero dar las gracias a mi tutora Lluïsa Quevedo y a mi tutor Jaume Pauné, por la ayuda, la orientación, la dedicación y los ánimos durante todo el trabajo.

Seguidamente, dar las gracias a los estudiantes de la facultad de Óptica y Optometría por su colaboración y disposición a lo largo del estudio.

También, dar las gracias a mis familiares, a mis padres y mis hermanos por apoyarme en todo momento y darme fuerzas para salir adelante durante estos cinco años de carrera. Gracias por ser mi motivación en los éxitos y un gran pilar en los momentos más difíciles.

Muchísimas gracias a mis compañeras Carla Redón y Silvia Fonts por la ayuda, los ánimos y la paciencia que han tenido en este camino. Gracias por estar siempre que lo he necesitado.

Agradecer también a todos los amigos de la facultad, en especial a Cristhian, Laia, Quim y Helena por haber compartido con ellos esta gran etapa. Por todos los momentos vividos que siempre recordaré, sin ellos no hubiera sido lo mismo.

Y por último, no me olvido de mi primer año como semipresencial y de todos mis primeros compañeros, en especial Marta y Mery con las que compartí mis primeras vivencias como universitaria.

A todo y cada uno de vosotros, muchísimas gracias.

Marta Jiménez Melgares



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

EFFECTS OF A CONTACT LENS OF GRADIENT OF POTENTIAL IN THE THICKNESS OF COROIDS OF YOUNG MYOPIES

RESUMEN

Objetivo: Evaluar y determinar la existencia de cambios en el grosor de coroides inducidos en sujetos miopes bajo el estímulo óptico producido por el uso de la lente de contacto de gradiente de potencia Amiopik.

Método: Se midieron los valores de grosor coroideo de una muestra de estudiantes de la FOOT. Los sujetos tenían que presentar buena agudeza visual binocular con corrección tanto en visión lejana como en visión cercana, con errores refractivos entre las -0.75 y las -7.00 D, mostrar buena salud ocular y prescindir del uso de cualquier lente de contacto durante una semana. Las medidas se realizaron por la tarde sin y tras el uso de las lentes de contacto Amiopik durante 4 días. Se obtuvieron, mediante el uso de Tomografía de Coherencia Óptica (OCT), los valores de espesor. La OCT proporcionó el mapa coroideo mediante la división del área macular realizado por ETDRS. La cual se analizó en las zonas de 6 y 3 mm de radio y central. Asimismo, se estudió por cuadrantes, volumen y grosor coroideo total.

Resultados: El análisis estadístico no evidenció diferencias significativas para ninguna de las comparativas realizadas, ni considerando el grosor coroideo agrupando las 9 regiones del mapa coroideo en tres localizaciones diferentes ni en el análisis del grosor coroideo total.

Conclusiones: No se han encontrado diferencias significativas entre el grosor coroideo de los pacientes entre las condiciones sin lente de contacto y después del uso de la lente de contacto Amiopik. Lo que sugiere que los mecanismos de control de la miopía de la lente experimental podrían seguir un camino distinto a cambios en grosor coroideo. Es necesario un estudio a largo plazo para confirmar o refutar estos resultados.



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

EFFECTES D'UNA LENT DE CONTACTE DE GRADIENT DE POTÈNCIA EN EL GRUIX DE COROIDES DE JOVES MIOPS

RESUM

Objectiu: Avaluar i determinar l'existència de canvis en el gruix coroïdal induïts en subjectes miops sota l'estímul òptic produït per l'ús de la lent de contacte de gradient de potència Amiopik.

Mètode: Es van mesurar els valors de gruix coroïdal d'una mostra d'estudiants de la FOOT. Els subjectes havien de presentar bona agudesa visual binocular amb correcció tant en visió llunyana com en visió propera, amb errors refractius entre les -0.75 i les -7.00 D, mostrar bona salut ocular i prescindir de l'ús de qualsevol lent de contacte durant una setmana. Les mesures es van realitzar a la tarda sense i després de l'ús de les lents de contacte Amiopik durant 4 dies. Es van obtenir, mitjançant l'ús de Tomografia de Coherència Òptica (OCT), els valors d'espessor. La OCT va proporcionar el mapa coroïdal mitjançant la divisió de l'àrea macular realitzat per ETDRS. La qual es va analitzar a les zones de 6 i 3 mm de radi i central. Així mateix, es va estudiar per quadrants, volum i gruix coroïdal total.

Resultats: L'anàlisi estadístic no va evidenciar diferències significatives per cap de les comparatives realitzades, ni considerant el gruix coroïdal agrupant les 9 regions del mapa coroïdal en tres localitzacions diferents ni en l'anàlisi de l'espessor coroïdal total.

Conclusions: No s'han trobat diferències significatives entre el gruix coroïdal dels pacients entre les condicions sense lent de contacte i després de l'ús de la lent de contacte Amiopik. El que suggereix que els mecanismes de control de la miopia de la lent experimental podrien seguir un camí diferent a canvis en gruix coroïdal. És necessari un estudi a llarg termini per confirmar o refutar aquests resultats.



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

EFFECTS OF A RADIAL REFRACTIVE GRADIENT CONTACT LENS IN THE THICKNESS OF CHOROID OF MYOPIC YOUNGSTERS

SUMMARY

Objective: Evaluate and determine the existence of changes in the choroidal thickness induced in myopic subject under the stimulus optical produced by the use of the lens of contact of gradient of power Amiopik.

Method: The values of choroid thickness of a sample of students of the FOOT were measured. Subjects had to present good binocular visual acuity with correction both far and near vision, with refractive errors between the - 0.75 and - 7.00 D, show good eye health and without the use of any contact lens for a week. The measures are carried out by the afternoon without and after the use of the lenses of contact Amiopik during 4 days. Through the use of Optical Coherence Tomography (OCT), the values of thickness were obtained. The OCT provided the map choroid through the division of the area macular performed by ETDRS, which was analysed in the areas of 6 and 3 mm of radio and central. It was also studied by quadrants, volume and total choroid thickness.

Results: The statistical analysis showed no significant differences for any of the comparisons made, not even considering the choroid thickness grouping the 9 regions of the choroid map in three different locations or in the analysis of the total choroidal thickness.

Conclusions: There are no significant differences between the choroid thickness of patients conditions without the use of Amiopik contact lens and after the use of the contact lens. This suggests that the mechanisms of myopia control of the experimental lens could follow a different way to changes in choroid thickness. A long term study to confirm or refute these findings is necessary.



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

EFFECTS OF A RADIAL REFRACTIVE GRADIENT CONTACT LENS IN THE THICKNESS OF CHOROID OF MYOPIC YOUNGSTERS

SUMMARY

Introduction

Myopia is the most common refractive error, affecting to a large part of the population, and increasing in the last decades especially in Asian countries with more than 70% survivings (Seang, Katz, Schein et al. 1996).

From a global perspective, the non-corrected refractive errors represent an important cause of vision loss. In more developed countries, the most part of the short-sighted people would have a normal visual acuity with the appropriate optic correction but it continues to be a risk factor to other eye pathologies potentially blinding like myopic maculopathy, a detachment of the retina, glaucoma or cataracts (Flitcroft, 2012).

Nowadays, a theory that indicates that the progression of the myopia is related to the blur of the peripheral retina is accepted. The standard in short-sighted people's case is that once the central vision is corrected the peripheral retina will be exposed to a long-sighted lack of focus. In this situation an emmetropic process would start increasing the axial length of the eye, and at the same time, the myopia (Mutti, Sholtz, Friedman et al. 2000). On the contrary, the emmetropic and long-sighted adults tend to present a peripheral short-sight refraction in relation to the central refraction (Atchison, Pritchard, & Schmid, 2006). The optical manipulation of this lack of focus in the peripheral retina has been accepted as a possible mechanism of myopia control (Mutti et al. 2011).

Although the Orto-k technique has been considered as the most effective in myopia control in children up to date, other studies show that the adaptation of hydrophilic lenses with geometry that modify optically the peripheral refraction are another option. Among them the Amiopik contact lens with a continuous progressive optical area, thought to achieve an overtake of the image in the peripheral retina of the patient.

Recent studies have shown a widening in the choroids in patients using orthokeratology or multifocal lenses, hence certain authors have pointed out the possibility that this change may be related to the myopia control effect (Chen, Xue, Zhou et al. 2016).



Objective

The main goal of this study is to evaluate if the Amiopik contact lens modifies the thickness of the choroids in short-sighted youngsters in relation to their efficiency of the myopia control.

Method

1. Participants

18 students from the Optical and Optometry faculty of Terrassa (FOOT) were evaluated with the following selection criteria: to present a good binocular visual acuity with correction in both near and far vision, with refractive error between -0,75 and -7,00 spherical diopters, showing a good condition in the eye structures of the anterior pole, without history of visual pathologies and not to have gone under eye surgery previously. Moreover, the subjects had to do without using any contact lens for a week. The measurements were executed through the instrument DRI OCT Triton with an only examiner and always following the same methodology.

2. Procedures

The choroid thickness of the participants was measured in two situations: roughly without the use of any contact lens for a week and after the use of the Amiopik contact lens for 4 days. Beforehand, the patients were subdued to a conventional optometric exploration including visual acuity with its best correction, refraction, topography and valuation of the eye structures through biomicroscopic optic in order to be able to have a good adaptation of the Amiopik contact lens.

For every experimental condition three measures for every patient were taken in the same time range, in the afternoon. Since previous studies have shown that the choroid thickness fluctuates being thicker at night and thinner during the morning (Nickla, Wildsoet & Troilo, 2002).

This way, the map of the choroid thickness was obtained through the division of the macular area in 9 regions performed by ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study), in which the scanned area is divided into three circles, one central and two rings with 3 and 6 mm radius respectively, and these, at the same time, in temporary, nasal, upper and lower area. We could also appreciate the volume and total choroid thickness.

3. Results and discussion

Statistics analysis of the registered data was carried out by means of the non-parametric test of Kruskal Wallis for related samples after checking the anormality of the sample through the statistical package StataC14 (StataCorp LP, Texas).

Firstly, it was decided to study the 9 regions of the macular area individually to determine if there were thickness differences among them. Even without obtaining statistically significant differences, we observed that the choroid is thicker in the temporal area and thinner in the nasal region agreeing with the results of Chen, Xue, Zhou et al. (2016). For example, the average value of the nasal region for the 6 mm ring roughly is $167,11 \pm 52,92 \mu\text{m}$ in relation to $166,76 \pm 51,81 \mu\text{m}$ after the use of the Amiopik lens and in temporal regions case the average value is $279,30 \pm 56,79 \mu\text{m}$ roughly in relation to $278,76 \pm 55,33 \mu\text{m}$ after the use of the

mentioned contact lens. These changes obtained in choroid thickness do not agree with the study realized by Chen, Xue, Zhou et al. (2016) where if statistically significant differences were found in the choroid thickness of 77 subjects after using the Orto-k lens for 3 weeks. Being all the same a short-term investigation, those studies are significantly different. The patients used the lens Ortho-k every night for an average of 8 hours while in the present study patients carried the contact lens Amiopik during 4 days with a use of hours variable according to the grade of comfort achieved by each one of them. In addition, these authors made evident the choroidal changes and concluded that those variations might be caused to the daytime changes. For that reason, they measured the subjects in-between the 10-12 hours. In our study we tried to strictly follow the established protocol. However, because of time and availability of the subjects to study the measurements had to be done always in the afternoon but each one of them at different times. Possibly for that reason highly variable results have been obtained (Nickla, Wildsoet and Troilo, 2002).

Taking into account the choroid thickness in the 3 concentric circles, the average values were of $244,73 \pm 54,8 \mu\text{m}$ roughly to the 6 mm radius in relation to $243,56 \pm 52,06 \mu\text{m}$ after the use of the Amiopik contact lens. On the other hand, to the 3 mm radius the average values were roughly $261,57 \pm 66,40 \mu\text{m}$ in relation to $262,76 \pm 66,92 \mu\text{m}$ after the use of the Amiopik lens. Finally, to the 1 mm radius or central area the observed average values were $262,99 \pm 76,95 \mu\text{m}$ without any kind of contact lens and $264,59 \pm 77,27 \mu\text{m}$ in the measurement made after the use of the mentioned contact lens. These changes are not statistically significant. Our results do not agree with Wildsoet and Wallman's (1995) study in animals where they found that the choroid thickness might be influenced by the optic lack of focus.

Analyzing the thickness of the whole choroid we also found very variable results getting both increase as decrease of this. The average for the measurement roughly made is $249,09 \pm 57,80 \mu\text{m}$ and $248,34 \pm 55,49 \mu\text{m}$ for the assessment after the use of the contact lens Amiopik. Although the results did not reveal statistically significant differences, we can observe a thickening of the choroid of $5 \mu\text{m}$ with which we conclude a possible influence of the contact lens Amiopik in the thickness of the choroid. Even so, these results do not agree with the exposed by Read et al (2010) about choroidal changes when we impose a peripheral blur of $\pm 3.00 \text{ D}$ for 30 and after 60 minutes. This study was conducted through the use of reflectometry optic of low consistency (Lenstar) while ours has been made by Optical Coherence Tomography (OCT). Within the technical limitations of this study, consideration should be given to the possible error of measurement of the instrument.

In addition, the number of participants is an important fact to bear in mind. Our study was carried out with 18 subjects to coincide with the research conducted by Gardner (2015) where there was no increase in the thickness of the choroid after their subject to make use of the contact lens Ortho-k during 9 months. Although our sample was greater than that of Gardner since the attempted only 9 subjects, these studies are appreciably different since the time of measurement was not the same. Gardner performed measurements every three months being a range of very different from ours. Despite this, according to the results of both, we conclude that in our case the sample size or the number of hours of use of Amiopik contact lens have been sufficient to assess its effectiveness for altering the choroid thickness and, therefore, perform again the study, this would to be a condition to improve as well as increasing the number of participants.

Finally, note that changes in the choroid thickness effect of the blurs caused by contact of radial gradient lenses are a very promising research topic. According to our data and the



evidence of the specialized bibliography, studying the patients during several hours in observation making use of this type of contact lenses would be highly recommended.

Conclusions

Based on our results we can conclude that:

- There haven't been found statistically significant differences between the choroid thickness to naked eye of the patient without wearing any type of contact and after lens Amiopik contact lens use.
- In an observational way we can appreciate variations in the choroid thickness but they do not reach statistics significance.
- Currently there are no mechanisms known that respond to the blurs in the peripheral retina by changing the thickness of the choroid.
- In a next similar study we should have a larger amount of subjects in order to have a bigger sample and this way we could secure our results.
- It is essential to increase the time use of lenses to study possible changes in thickness choroid.
- It is important to be rigorous with the Protocol of evaluation for all subjects by measuring at the same time, with the same light conditions and by a single examiner using the same method of measurement.
- The changes in the choroid thickness by effect of those blurs produced by lenses of contact of gradient radial of power or orthokeratology constitute a field of research of high interest.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	14
2. ESTADO DEL ARTE.....	16
2.1. Prevalencia de la miopía.....	16
2.2. Causas del desarrollo de la miopía.....	17
2.3. Control de la miopía.....	18
2.3.1. Lentes monofocales.....	18
2.3.2. Lentes multifocales.....	19
2.3.3. Fármacos.....	19
2.3.4. Lentes de contacto.....	20
2.3.4.1. Lentes RPG.....	20
2.3.4.2. Ortoqueratología.....	21
2.4. Lentes de contacto progresivas como control de la miopía.....	22
2.5. La coroides.....	23
2.6. Alteraciones en el grosor coroideo.....	23
2.7. Alteraciones en el grosor coroideo por efectos del desenfoque de la retina periférica.....	24
2.8. Valoración del grosor coroideo mediante Tomografía de coherencia óptica (OCT).....	25
2.8.1. Principio de funcionamiento.....	25
2.8.2. Imagen tomográfica.....	26
2.8.3. Adquisición de imágenes coroides.....	27
3. OBJETIVOS.....	28
4. METODOLOGÍA.....	29
4.1. Selección de la muestra.....	29
4.2. Principios éticos y legales.....	29
4.3. Instrumentación.....	30
4.3.1. Topógrafo.....	30
4.3.2. OCT.....	30
4.4. Protocolo de medida.....	32
5. RESULTADOS.....	35
5.1. Descripción de la muestra.....	35
5.2. Descripción de las variables.....	35
5.3. Comparativa de los resultados.....	39
6. DISCUSIÓN.....	41
7. CONCLUSIONES.....	44
8. BIBLIOGRAFÍA.....	45

ÍNDICE DE LAS IMÁGENES

Imagen 1: Descripción del desenfoque periférico. La imagen representa el desenfoque periférico causado por la lente de contacto Amiopik mientras que, en la zona central, la imagen queda perfectamente enfocada (imagen cedida por PaunéVisión, 2015).

Imagen 2: Esta imagen representa el sistema óptico en el que está basado el OCT (imagen cedida por la Dra. Griñó).

Imagen 3: Representación en color de las diferentes capas de la retina-coroides (imagen extraída de OCT. Bases teóricas para la interpretación. Martín, Cintrano y Ceballos, 2011).

Imagen 4: Esta imagen representa en escala de grises, las diferentes capas de la retina-coroides.

Imagen 5: Imagen con un SD-OCT de un ojo normal. Se observa la retina con excelente detalle, pero al incidir la luz sobre el EPR se pierde información para evaluar la coroides (imagen cedida por Spaide).

Imagen 6: Imagen con un SD-OCT utilizando la técnica EDI en el mismo ojo que en la figura anterior. Se conservan los detalles retinianos, pero ahora además, podemos observar la coroides y la esclera (imagen cedida por Spaide).

Imagen 7: Realizando medición mediante Topógrafo corneal Oculus Easygraph.

Imagen 8: Fotografía del tomógrafo de coherencia óptica (DRI OCT Triton) con el que se hicieron las medidas del estudio.

Imagen 9: Fotografía del tomógrafo de coherencia óptica (DRI OCT Triton) con el que se hicieron las medidas del estudio.

Imagen 10: Esta imagen muestra la realización de la prueba sin lente de contacto a uno de los participantes del estudio.

Imagen 11: División de cuadrantes del mapa de espesor coroideo.

Imagen 12: Espesor de la coroides como la distancia entre la línea en la base del EPR y la línea que queda tras los grandes vasos de la coroides.

Imagen 13: Esta imagen muestra la realización de la prueba sin lente de contacto a uno de los participantes del estudio.

Imagen 14: Espesor de la coroides como la distancia entre la línea en la base del EPR y la línea que queda tras los grandes vasos de la coroides.



ÍNDICE DE LAS TABLAS

Tabla 1. Media y desviación estándar de los valores obtenidos en las nueve diferentes regiones del mapa de espesor coroideo (valores expresados en μm).

Tabla 2. Medida del espesor coroideo de los participantes del estudio (valores expresados en μm).

Tabla 3. Media y desviación estándar de las medidas del espesor coroideo de los participantes del estudio (valores expresados en μm).

Tabla 4. Diferencias entre las medidas del espesor coroideo de los participantes del estudio.

Tabla 5. Medida del volumen total de los participantes del estudio y la diferencia entre las dos situaciones medidas (valores de volumen total expresados en mm^3).

Tabla 6. Medida del espesor total de los participantes del estudio y la diferencia entre las dos situaciones medidas (valores de espesor total expresados en μm).

ÍNDICE DE LAS GRÁFICAS

Gráfica 1. Diferencias de espesor después del uso de la lente de contacto Amiopik para cada una de las tres localizaciones en el mapa de espesor coroideo.

Gráfica 2. Diferencias de volumen total después del uso de la lente de contacto Amiopik.

Gráfica 3. Diferencias de espesor total después del uso de la lente de contacto Amiopik.

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Hoja de información para el paciente.

Anexo 2: Hoja de consentimiento para el paciente.

1. INTRODUCCIÓN

La miopía es el error refractivo que se produce cuando el sistema óptico del ojo, con la acomodación relajada, hace que los diferentes rayos de luz lejanos se unan en un mismo punto delante de la retina, produciendo así una imagen borrosa del objeto que se está observando (Solans, García, Cárceles et al. 2003).

Desde un punto de vista refractivo, la miopía se puede clasificar como axial (la más frecuente), producida por el aumento del eje antero-posterior del globo ocular; de curvatura, derivada del incremento de la curvatura de la córnea o del cristalino; y de índice, por aumento del índice de refracción del cristalino (Curbelo, Hernández, Machado et al. 2005).

Se conoce otra clasificación desde un punto de vista más clínico. Así, se habla de miopía fisiológica, cuando se produce un desequilibrio entre el poder refractivo del ojo (cristalino y/o córnea) y su longitud axial (distancia de córnea a retina); y de miopía patológica, causada por un alargamiento anormal del globo ocular, asociado con frecuencia al adelgazamiento de la pared escleral, observándose características degenerativas en el fondo de ojo (Amos, 1987).

La miopía es el defecto refractivo más común, afectando a una gran parte de la población, y en aumento en las últimas décadas. Existen varios estudios que hablan de la prevalencia de la miopía y se pueden observar diferencias según la situación geográfica, la edad, la etnia y el género. Así, hay estudios que reportan una prevalencia del 25% en la población europea y norteamericana, y de más del 70% en países asiáticos (Seang, Katz, Schein et al. 1996); mientras que otros más recientes describen un aumento de la prevalencia del 25% en 1971 a 41,6% en 2004 en los Estados Unidos (Vitale, Sperduto & Ferris, 2009) y prevalencias mucho más dramáticas en Asia Oriental o del Este de hasta un 84% de niños miopes en el 2000, frente al 74%, en 1983, en Taiwán (Lin, Shih, Hsiao et al. 2004) y un 66% de niños miopes en 1996 frente al 49,3% en 1984 en Japón (Matsumura & Hirai, 1999).

Respecto a la edad, todos los artículos coinciden que la prevalencia de miopía aumenta durante la adolescencia. En un estudio realizado en Hong Kong se observó que los niños de 11 años tenían muchas más posibilidades de tener miopía que niños menores de 7 años (Fan, 2004). En el trabajo de Lin (2004) se obtienen prevalencias de miopía de 21%, 61% y 84% para las edades de 7, 12 y 18 años, respectivamente. La prevalencia de la miopía muestra también una disminución en edades avanzadas (Mutti & Zadnik, 2000).

Se ha visto que existen diferencias en la prevalencia de la miopía según la etnia, aun viviendo en la misma zona geográfica. Así, un estudio realizado en Hong Kong (Lam, Goldschmidt & Edwards, 2004) obtuvo una prevalencia mayor en el grupo chino que en el caucásico, ambos formados por niños entre 13 y 15 años de edad, independientemente de que hubieran estudiado en escuelas locales o internacionales y no obtuvieron diferencias según el género.

Desde una perspectiva global, los defectos refractivos no corregidos representan una causa importante de pérdida de visión, particularmente en los países en desarrollo. Estas ametropías han sido denominadas como una de las cinco condiciones prioritarias en la Organización Mundial de la Salud «Visión 2020» (Pizarello, Abiose, Ffytche et al. 2004). En los países más desarrollados, la gran mayoría de miopes tendrán una agudeza visual normal con la corrección óptica adecuada pero la miopía aún tiene importantes consecuencias de salud pública desde una gran variedad de perspectivas: financieras, psicológicas, de calidad de vida (Takashima, 2001) así como los riesgos directos e indirectos de la ceguera. Además, se dice que altos niveles de miopía están asociados con un

decremento en la calidad de vida comparable con la del queratocono (Rose, 2000). Pero el impacto más importante, en términos de salud pública, es la miopía como factor de riesgo para otras patologías oculares potencialmente cegadoras como por ejemplo maculopatía miópica (Hayashi, 2010), desprendimiento de retina, glaucoma y cataratas (Flitcroft, 2012).

La mayoría de las investigaciones actuales relacionan la progresión de la miopía con la borrosidad en la retina periférica. En este sentido los modelos animales han mostrado que el crecimiento del ojo se ve influido por el desenfoque durante el proceso de emetropización (Smith, Hung, Huang et al. 2009). Existe miopía e hipermetropía periférica al mismo tiempo que central o foveal (la prescrita normalmente). A esto también lo podríamos llamar desenfoque periférico miópico o hipermetrópico que podría existir en una de las dos direcciones en retina nasal o temporal incluso teniendo una buena agudeza visual. Si la retina periférica es hipermetrópe, lo normal en el caso de los miopes, la señal que manda la retina a los neurotransmisores es la de continuar creciendo y la retina central hará el proceso de ser más miope, debido a un aumento axial (Mutti, Sholtz, Friedman et al. 2000). Los miopes suelen mostrar en la periferia una refracción hipermetrópica relativa a la central, mientras que los adultos emétopes e hipermetrópicas tienden a presentar una refracción periférica miópica con respecto a la refracción central (Atchison, Pritchard & Schmid, 2006).

La progresión de la miopía se ve asociada con la curvatura de la imagen hacia detrás de la retina periférica y, por tanto, podemos ver la manipulación del desenfoque en la retina periférica de ojos humanos como un posible mecanismo de control de la miopía (Mutti et al. 2011).

Podemos citar diferentes soluciones para el control de la miopía pero la mayor evidencia científica al respecto proviene de la ortoqueratología (Orto-K en adelante). Diferentes estudios alrededor del mundo como en Australia (Swarbrick, Alharbi, Watt et al. 2010), Estados Unidos (Walline, Jones & Sinnott, 2009) y Hong Kong (Cho, Cheung & Edwards, 2005), muestran resultados muy similares: una reducción en la progresión de la miopía en niños usuarios de este tratamiento. La Orto-K crea emetropía central y miopía periférica, debido a la geometría de la lente (Charman, Mountford, Atchison et al. 2006; Queiros, González-Meijome, Jorge et al. 2010).

Aunque la técnica de la Orto-K ha sido considerada la más efectiva en el control de la miopía en niños hasta la fecha, otros estudios muestran la adaptación de lentes hidrofílicas con geometrías que modifican ópticamente la refracción periférica. Entre ellas la lente de contacto Amiopik como otra alternativa para el control de la miopía (Pauné, Morales, Armengol et al. 2015). Esta lente presenta un diseño único e innovador, con una zona óptica progresiva continua, concebida para obtener un adelantamiento de la imagen en la retina periférica del paciente. Los últimos estudios realizados con esta lentilla muestran una ralentización del aumento del error refractivo del 43% en comparación con un grupo de niños usuarios de gafas (Pauné et al. 2015).

Por otro lado, estudios recientes muestran que períodos breves de desenfoque miópico monocular conducen cambios significativos en el espesor coroidal de ojos humanos (Chakraborty, Read & Collins, 2012). Otros estudios han mostrado un engrosamiento en la coroides en pacientes usuarios de lentes de ortoqueratología o multifocales, por lo que ciertos autores han apuntado a la posibilidad de que este cambio esté relacionado con el efecto de control de miopía (Chen, Xue, Zhou et al. 2016). Precisamente, el objetivo del presente trabajo es evaluar si el mecanismo de freno de la miopía a través de la lente de contacto Amiopik tiene influencia en la coroides.

2. ESTADO DEL ARTE

Conocemos la miopía como el error refractivo que se produce cuando los rayos de luz procedentes del infinito forman su imagen delante de la retina. Cuando el sistema ocular se encuentra con la acomodación relajada se obtiene una imagen borrosa en visión lejana y una imagen más nítida en visión cercana (Amos, 1987; Flom, 1991).

Se conoce que la miopía tiene unas causas estructurales como una excesiva longitud axial, demasiada potencia del ojo o un desequilibrio entre el poder refractivo del ojo y su longitud axial (Brookman, 1996).

La forma más común de clasificar la miopía es la siguiente:

- **Miopía simple:** miopía funcional que normalmente no supera las 6D y no se asocia con patologías oculares.
- **Miopía magna:** miopía degenerativa o patológica que supera las 6D causada por un alargamiento anormal del globo ocular. Este tipo puede provocar alteraciones oculares como la atrofia coriorretiniana, la maculopatía miópica y el desprendimiento de retina (Amos, 1987; Flom, 1991; Brookman, 1996).

2.1 Prevalencia de la miopía

La prevalencia de la miopía está asociada a múltiples factores como la situación geográfica, la edad, el sexo, la etnia y los factores genéticos y ambientales.

Diversos estudios realizados en Singapur (Saw, Zhang, Hong et al. 2002) y Hong Kong (Dorothy et al. 2004), muestran una prevalencia mayor en niñas que en niños. Esto podría ser debido a que las niñas suelen ser más rápidas en aprender a leer y escribir durante la etapa de escolarización.

Si nos centramos en la situación geográfica, un estudio realizado en los Estados Unidos muestra que los jóvenes de etnia asiática presentan una prevalencia de miopía del 30% (Voo, Lee & Oelrich, 1998), en comparación con la prevalencia del 13,4% de los jóvenes americanos y del 11,9% de los jóvenes hispanos (Perkins, 1979).

Por otro lado, también es posible que haya una progresión miópica distinta en un mismo lugar donde convivan distintas etnias. En un estudio realizado en Hong Kong entre niños de 13 a 15 años procedentes de escuelas locales y otros procedentes de escuelas internacionales, se encontró en los niños chinos una prevalencia del 82,8% frente a los caucásicos con una prevalencia miópica del 40,5% (Lam, Goldschmidt & Marion, 2004).

Finalmente se cuestiona la probabilidad de que un niño vaya a ser miope o su miopía vaya a aumentar en la adolescencia y en la edad adulta. La asfericidad corneal, la refracción al nacer y la refracción periférica se consideran ya factores sumamente importantes de la creciente miopización (Jorge, González-Méijome & Villa, 2006).

2.2 Causas del desarrollo de la miopía

Hasta ahora se ha cuestionado la herencia versus el entorno y comportamiento. Las personas poco susceptibles genéticamente son asociadas con niveles bajos de miopía aun realizando trabajos de cerca durante periodos largos de tiempo. En cambio, aquellos que tengan una clara orientación genética, tienen mayor probabilidad de convertirse en miopes a una edad temprana y que su miopía progrese rápidamente (Jerome, Legerton & Chou, 2010).

En cuanto a los factores ambientales, un estudio reveló que la reducción de la prevalencia de la miopía en la infancia estaba asociada con niveles altos de actividad al aire libre. Concluyeron la posible influencia de la luz exterior en los neurotransmisores retinianos inhibiendo así el crecimiento ocular (Rose, 2008).

Actualmente se relacionan los neurotransmisores retíales y la retina periférica con el desarrollo de la miopía. Estos juegan un papel importante en el crecimiento de la coroides y la esclera que intervienen en el crecimiento ocular. Existe miopía e hipermetropía periférica al mismo tiempo que central o foveal (la prescrita normalmente). A esto también lo podríamos llamar desenfoque periférico miópico o hipermetrópico que existiría en una de las dos direcciones en retina nasal o temporal incluso teniendo una buena agudeza visual. Si la retina periférica es hipermetrópe, lo normal en el caso de los miopes, es que la señal que manda la retina a los neurotransmisores sea la de continuar creciendo y la retina central hará el proceso de ser más miope (Mutti, 2000).

El desenfoque hipermetrópico periférico podría estar implicado como estímulo para la progresión de la miopía según un estudio en el que se comparó la refracción central y la periférica (Mutti, 2000). Se observó que los niños miopes tienen una retina periférica hipermetrópica en la mayoría de casos. Relacionamos estas diferencias entre refracción central e hipermetrópica con una prolatación de la forma del globo ocular (Charman, 2005).

Un estudio realizado en monos Rhesus con visión central clara, mostró que la visión periférica tenía un impacto en el desarrollo de la longitud axial del ojo (Hung, Ramamirtham, Huang et al. 2008). Así como en otro estudio más reciente, donde se eliminó la fovea mediante láser y se indujo hipermetropía en la periferia obteniendo cambios miópicos en la refracción central (Smith, Hung, Huang et al. 2009).

Además, se ha visto que el desenfoque periférico hipermetrópico aumenta aún más con la acomodación. Esto es debido a la aberración esférica negativa inducida. A través de un estudio se observó que disminuye y se convierte en negativa con la respuesta acomodativa en pacientes menores de 40 años (Jerome et al. 2010).

Con todo esto podemos confirmar la importancia de la retina periférica en el desarrollo refractivo central, y que el hecho de tener una visión foveal perfecta no garantiza una emetropización normal, sino que necesita respuesta de ambas retinas central y periférica. Aunque la retina central presente mayor densidad de neuronas, dispone de un área mucho más pequeña comparándola con la periférica y, por lo tanto, ésta dispone de mayor número de fotorreceptores (Wallman & Winawer, 2004).

Se producen procesos de desarrollo refractivo mediados por mecanismos locales de la retina, como por ejemplo los cambios en la síntesis de glicosaminoglicanos, cuyas señales provocan alteraciones en

el grosor de la coroides y en las propiedades biomecánicas de la esclera debido al aumento de la longitud axial (McBrien, Jobling & Gentle, 2009).

Por tanto, se podría decir que el desarrollo de la miopía parece estar controlado por el enfoque de la retina periférica y que el globo ocular aumenta su tamaño durante el crecimiento parando este proceso al conseguir un buen enfoque de la retina periférica (Mutti, 2000).

2.3 Control de la miopía

El control de la miopía está adquiriendo un gran interés en los últimos años. Se ha observado un aumento de 0,5 dioptrías al año entre la niñez y la adolescencia (Edwards, 1999). Son muchas las patologías asociadas al grado de miopía y éstas se dan con mayor frecuencia a medida que aumenta este grado de miopía hasta el punto de llegar a perjudicar la visión de forma irreversible (Lam, Edwards, Millodot et al. 1999). Por lo tanto, uno de los principales objetivos es prevenir el alcance de esos valores tan elevados de miopía.

Actualmente se investigan diferentes tratamientos para intentar frenar la progresión de la miopía en niños, principalmente mediante intervención óptica (gafas o lentes de contacto) y farmacológica (atropina y pirenzepina).

2.3.1 Lentes monofocales

Se creyó que la hipocorrección podía ser una buena técnica para el control de la miopía reduciendo la respuesta acomodativa en visión cercana (Tokoro & Kabe, 1965). Ahora bien, estudios más recientes demostraron que esta opción no es efectiva ya que se observó una mayor progresión de la miopía en pacientes hipocorregidos que en aquellos que utilizaban la corrección ideal o total (Adler & Millodot, 2006). Lo mismo se encontró en el caso de los pacientes hipercorregidos frente a aquellos con corrección ideal, dando mayor progresión miópica en el primer grupo (Goss, 1994). Así, tanto la hipocorrección como la hipercorrección producían progresión miópica (Zhu, Park, Winawer et al. 2005), lo que hizo pensar que tanto un desenfoque miópico como hipermetrópico produce la elongación axial. Aunque los resultados que se han obtenido al estudiar estas estrategias han sido variables y contradictorios a los encontrados en animales, podemos concluir que la hipo o la hipercorrección no son tratamientos eficaces para el control de la miopía, lo que refuerza la teoría de la influencia de la retina periférica ya que, con estas lentes, la refracción periférica queda hipermetrópe y, por tanto, no corregida (Tabernero, Vázquez, Seidemann et al. 2009).

Las nuevas investigaciones intentan diseñar lentes oftálmicas con corrección central y reducción del desenfoque hipermetrópico periférico, con una zona central de 10-20 mm para lejos y una progresión positiva de 1-2 D en la periferia respecto al centro. Sin embargo, los estudios hasta la fecha no muestran una reducción significativa de la miopía mediante esta técnica (Sankaridurg, Donovan & Varnas, 2010).

2.3.2 Lentes multifocales

Las lentes bifocales y progresivas destinadas a intentar el control de la miopía, al igual que las anteriores, reducen la respuesta acomodativa en visión próxima pero con la diferencia de que, en este caso, no hay un desenfoque de la imagen en visión lejana.

The Houston Control Study es un estudio longitudinal de tres años realizado por Grosvenor (1987) sobre los bifocales como estrategia para el control de la miopía. Se realizó en 207 niños miopes de edades comprendidas entre los 6 y 15 años, a los cuales se les asignó de forma aleatoria lentes bifocales con adición en cerca de +1.00, +2.00 o monofocales. Los resultados no muestran una menor progresión de la miopía, lo que coincide con otros estudios posteriores (Pärssinen, Hemminki & Klemetti, 1989; Jensen, 1991).

Por otro lado, se estudió el uso de progresivos en niños de Hong Kong con edades entre 9 y 12 años, algunos de los cuales llevaron progresivos con adiciones de +1.50 y +2.00, mientras otros usaron monofocales. Los resultados mostraron una menor progresión miópica en aquellos que usaban progresivos, en concreto, con la adición de +2.00 (Leung & Brown, 1999). En otro estudio conocido como *COMET (Correction of Myopia Evaluation Trial)* se observó una mayor progresión miópica en los niños que usaron monofocales respecto a los que llevaban progresivos con adición de +2.00, pero la magnitud del efecto era pequeña y no implicaba un cambio en la práctica clínica, por lo que algunos autores concluyen que la efectividad de estas lentes es limitada (Gwiazda, Hyman, Hussein et al. 2003).

En estudios donde la miopía se combina con endoforia en visión próxima se observa, para ambos tipos de lentes (bifocales y progresivos), una disminución de la progresión miópica (Edwards, Li, Lam et al. 2002; Gwiazda et al. 2004).

2.3.3 Fármacos

Constituyen una opción de tratamiento para el control de la miopía por su claro efecto en la disminución de la progresión miópica. Estos fármacos son antagonistas muscarínicos, destinados a anular o reducir la respuesta acomodativa en visión próxima. Algunos ejemplos son la atropina, el ciclopentolato, la pirenzepina y la tropicamida.

Se realizó un estudio en Asia a niños de entre 6 y 12 años a los que se les administró atropina al 1% una vez al día a un grupo y un placebo a otro grupo. Los resultados mostraron una menor progresión miópica en el grupo tratado con este fármaco pero, a pesar de su efectividad, hay que tener en cuenta los efectos secundarios que producen a corto plazo como son la incapacidad de acomodar (provocando la borrosidad en cerca) y la midriasis, que ocasiona deslumbramiento y fotofobia. También se cree que la atropina puede afectar a la retina a largo plazo y a la formación de cataratas por la entrada de luz ultravioleta (Chua, Balakrishnan, Chan et al. 2006; Fan et al. 2007; Tong, Huang, Koh et al. 2009).

En un estudio realizado por Yen (1989) donde se comparó la eficacia de la atropina y el ciclopentolato al 1% durante la instilación del fármaco cada noche, se encontró que ambos disminuían la progresión de la miopía aunque el efecto de la atropina fuera mayor.

Por otro lado, en estudios conocidos como el *US Pirenzepine Study Group*, donde analizaron la progresión miópica en niños estadounidenses de edades entre 8 y 12 años tratados con pirenzepina al 2% y un grupo control con fármaco placebo, se obtuvo una menor progresión en el primer grupo aunque no encontraron diferencias en el crecimiento de la longitud axial del ojo (Siatkowski, Cotter, Miller et al. 2004). En Asia se hizo un estudio similar que refleja el mismo resultado (Kwon, Cotter & Flores, 2000). La pirenzepina también presenta efectos secundarios, pero menores que la atropina al no provocar midriasis.

En cuanto a la tropicamida, se observó una disminución en la progresión miópica en niños de edades comprendidas entre 6 y 16 años a los que se les administró este compuesto al 4%. El inconveniente de este fármaco es que tiene una vida media más corta que la atropina y sus efectos secundarios son temporales, por lo que requiere de una administración más frecuente para mantener el efecto (Hosaka, 1988).

2.3.4 Lentes de contacto

Las lentes de contacto son un método de corrección de la miopía con una larga historia y un especial interés ya que ofrecen diversos beneficios estéticos y de calidad de vida, como por ejemplo: aumento del campo de visión, reducción del efecto prismático y la magnificación o disminución de la imagen retiniana. En este grupo se distinguen las lentes rígidas y las lentes de geometría inversa u ortoqueratología.

2.3.4.1 Lentes RPG

Un estudio en pacientes de entre 7 y 19 años adaptados con lentes rígidas de PMMA demostró que la progresión de la miopía se detenía (Morrison, 1957). Más tarde, se comparó el efecto de la progresión miópica en niños de 10 años adaptados con lentes de contacto rígidas frente a los que usaban gafas. Los resultados mostraron una reducción de la progresión e incluso una paralización completa de la miopía en un 37% de los que usaban lentes de contacto (Kelly, Chatfield & Tustin, 1975).

En cuanto a las lentes rígidas permeables al gas (RPG), se hizo un estudio en niños de entre 8 y 13 años donde se obtuvo una reducción de la miopía en el grupo portador de lentes RPG frente al grupo control que utilizó gafas. Se concluyó que las lentes RPG reducían la progresión miópica (Grosvenor et al. 1989).

La mayoría de los estudios coinciden en el retraso del avance de la miopía con lentes rígidas pero este parece ser debido a un aplanamiento corneal producido por la lente y no a la reducción de la longitud axial (Walline, Jones, Mutti et al. 2004), si bien la cantidad de aplanamiento no parece ser suficiente para justificar dicha reducción. El hecho de que no se demuestren diferencias en la longitud axial impide afirmar que se trate de un tratamiento eficaz en el control de la miopía (Khoo, Chong & Rajan, 1999).

2.3.4.2 Ortoqueratología

La evidencia científica de este tratamiento se ha observado en diversos estudios realizados en distintas partes del mundo como por ejemplo Estados Unidos y Hong Kong entre otros. Los resultados obtenidos sobre la reducción de la progresión miópica son muy similares entre sí: cerca de un 50% de disminución de la longitud axial en niños usuarios de este tipo de lentes de contacto (Cho et al. 2005; Walline et al. 2009; Swarbrick et al. 2010).

El primer estudio sobre los efectos de la ortoqueratología fue llevado a cabo por Kerns (1978). Se estudiaron tres grupos: uno donde se adaptaron 18 pacientes con lentes de contacto de geometría convencional, que se iban aplanando progresivamente a media que se conseguía una reducción de la miopía de aproximadamente 0.50 D con la lente previa, un grupo control a los que se les adaptó lentes de contacto sin aplanar y otro de tan solo tres pacientes usuarios de gafas. Los resultados mostraron una reducción de la miopía en los grupos portadores de lentes de contacto, mayor en el grupo tratado con ortoqueratología, mientras que la miopía aumentó en el grupo de usuarios de gafas.

El estudio *Longitudinal Orthokeratology Research in Children* se realizó durante dos años en 70 niños de edades comprendidas entre 8 y 12 años donde la mitad de ellos se adaptaron con lentes de ortoqueratología y la otra mitad eran usuarios de gafas como grupo control. Los resultados mostraron un incremento de la longitud axial de 0.29 mm para el grupo de ortoqueratología frente a 0.54 mm en el grupo control apuntando a un menor crecimiento del globo ocular y, por lo tanto, a una menor progresión miópica en el grupo de ortoqueratología (Cho et al. 2005).

Otros estudios más recientes muestran un crecimiento axial de 0.16 mm menor en los pacientes tratados mediante ortoqueratología respecto a los adaptados con lentes de contacto blandas, todos ellos niños de edades comprendidas entre 8 y 11 años (Walline et al. 2009). Además, otro estudio realizado con niños asiáticos de entre 10 y 17 años muestra un crecimiento axial más lento en el ojo adaptado con lente de ortoqueratología en comparación con el ojo contralateral, con lente de contacto RPG adaptada alineada sobre la queratometría (Swarbrick et al. 2010).

Se ha demostrado que la ortoqueratología crea emetropía central y miopía periférica. Como hemos dicho el ojo crece más lentamente en respuesta a la borrosidad miópica y más rápido en respuesta a una imagen hipermetrópica desenfocada en un intento de obtener una visión clara. Por lo tanto, el encorvamiento de la periferia corneal en ortoqueratología lleva la imagen periférica a una posición delante de la retina (miópica) lo que puede actuar como una señal para frenar el crecimiento del ojo (Charman et al. 2006; Queiros et al. 2010).

2.4 Lentes de contacto progresivas como control de la miopía

Las lentes de contacto progresivas para el control de la miopía se basan en el desenfoque periférico. Como se ha dicho, cuando se corrige a un miope mediante gafas o lentes de contacto, le proporcionamos una buena visión ya que las imágenes que ve el sujeto miope quedan perfectamente enfocadas en la retina central (Shen, 2010) y desenfocadas en la retina periférica induciendo una hipermetropía (Chen, Sankaridurg, Donovan et al. 2010).

El problema se desencadena cuando los ojos miopes en progresión detectan este desenfoque de la retina periférica como un estímulo para aumentar su longitud y conseguir una imagen nítida en esa zona, favoreciendo de ese modo el aumento de la miopía.

Las lentes de contacto de gradiente de potencia Amiopik consiguen que la zona periférica quede hipocorregida de miopía para así poder compensar la hipermetropía inducida en esa zona si se pusiese una lente de una única graduación (Pauné et al. 2015).

El valor de esa regresión que se realiza en la zona periférica dependerá de la cantidad de miopía de cada persona. En la periferia la imagen quedará desenfocada mientras que, en la zona central, la imagen quedará perfectamente enfocada. Es en la retina periférica donde interesa que el ojo quede un poco miope en lugar de hipermetrope (Pauné et al. 2015).

Acción óptica lc Amiopik

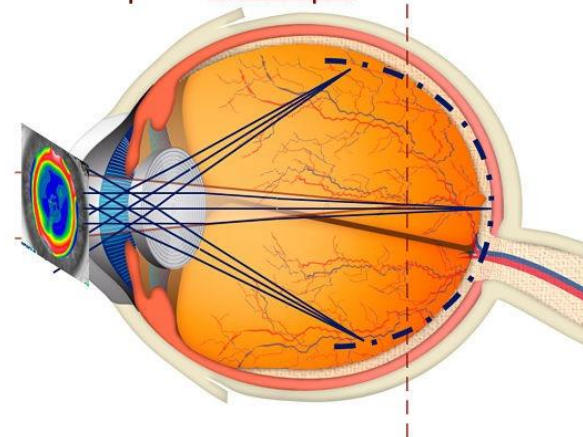


Imagen 1. Desenfoque periférico. Imagen cedida por el Dr. Jaume Pauné.

Una vez expuesto el mecanismo de freno que utiliza la lente de contacto Amiopik para el control de la miopía investigaremos otros efectos que pueda producir esta lente de contacto y que influyan en menor o mayor medida a la progresión de la miopía.

Como ya se ha explicado, el aumento de la longitud axial que sufre el ojo cuando está en pleno progreso miópico provoca cambios en la coroides (McBrien et al. 2009). Antes de hablar del estado de la coroides durante el progreso de la miopía, haremos una breve explicación sobre esta estructura ocular.

2.5 La coroides

La coroides es parte de la úvea, capa de vasos sanguíneos del globo ocular que se encuentra entre la esclerótica y la retina, separada de esta última por la membrana de Bruch que queda en contacto con el epitelio pigmentario de la retina (EPR) (Yanoff & Cameron, 2011).

Fisiológicamente, una de las funciones principales de la coroides es nutrir (aporte de oxígeno y glucosa) a las capas más extensas de la retina (fundamentalmente a los fotorreceptores y al EPR). No obstante, la coroides tiene un papel adicional que excede de las necesidades nutritivas como lo es la alta tasa de flujo coroideo. Se piensa que el flujo sanguíneo coroideo podría ayudar por un lado a mantener la regulación de la presión intraocular (PIO) y, por otro, a tener una acción termorreguladora mediante los siguientes mecanismos: disipando el calor generado durante el proceso de fototransducción visual que se realiza a nivel de los fotorreceptores, previniendo el sobrecalentamiento de la retina externa durante la exposición a la luz brillante y, por último, calentando las estructuras intraoculares que pueden enfriarse por la exposición con el medio externo en condiciones extremas (Pascual, 2014).

En los últimos años se ha puesto de manifiesto que el control nervioso tiene un papel importante en la regulación de este flujo sanguíneo. Por lo tanto, pueden existir daños en la innervación coroidea a causa de las alteraciones vasculares que se producen en algunas enfermedades oculares. Estudios han demostrado que la innervación simpática es crítica en la regulación de la vascularización coroidea, y que la pérdida crónica de la actividad simpática, puede contribuir a la proliferación vascular anómala que se observa en enfermedades como la Degeneración Macular Asociada a la Edad (DMAE) y la retinopatía diabética, enfermedades de alto riesgo en caso de elevadas miopías (De Hoz & Ramírez, 2006).

Se considera que la innervación periférica, tanto sensitiva como simpática, tendría un amplio y significativo papel en la regulación de los vasos coroideos (De Hoz & Ramírez, 2006).

Por tanto, según lo expuesto anteriormente, podemos relacionar las alteraciones en el grosor coroideo a medida que progresa la miopía de forma que aumenta el riesgo de enfermedades oculares que provocan alteraciones vasculares. La innervación coroidea tiene importancia en la regulación del flujo sanguíneo y si este se ve alterado, es normal que la estructura de la coroides se vea afectada (De Hoz & Ramírez, 2006).

2.6 Alteraciones en el grosor coroideo

Estudios confirman que la coroides en ojos con alta miopía es mucho más delgada en comparación con ojos normales (Grossniklaus & Green, 1992). Algunos investigadores creen que esto podría ser a causa de las diferencias en el epitelio pigmentario de la retina, menos pigmentado en el caso de pacientes con alta miopía (Flores-Moreno, Lugo & Duker et al. 2013). Otro estudio demostró que en los pacientes sin miopías elevadas el grosor de la coroides iba disminuyendo a medida que se acercaba al nervio óptico, siendo la coroides más gruesa en la retina periférica (Manjunath, Taha, Fujimoto et al. 2010).

Además, recientes investigaciones muestran los cambios en la longitud axial en respuesta de estos desenfoques en periferia a corto plazo que parecen ser modulados por los cambios en el grosor de la coroides (Read, 2010).

2.7 Alteraciones en el grosor coroidal por efectos del desenfoque de la retina periférica

Experimentos en varias especies de animales han demostrado que el ojo responde diferencialmente a la señal del desenfoque óptico impuesto en la retina (Hung, Wallman & Smith, 2000). El desenfoque retiniano hipermetrópico causa adelgazamiento de la coroides y favorece al aumento de la longitud axial del ojo en desarrollo, mientras que el desenfoque retiniano miópico causa engrosamiento de la coroides y una disminución de la longitud axial del ojo evitando el progreso de la miopía (Chiang, Phillips & Backhouse, 2015).

Este desenfoque retiniano miópico es justo el fenómeno que provocan las lentes de contacto progresivas Amiopik (Pauné et al. 2015). Por este motivo, en el presente trabajo queremos investigar si estas lentes, efectivamente, provocan engrosamiento de la coroides de ojos humanos.

Estudios muestran que entre los componentes funcionales de este sistema se encuentran mecanismos retinianos que detectan la señal de desenfoque provocando cambios rápidos en la coroides y más lentos y duraderos en la remodelación de la esclera (Guggenheim & McBrien, 1996).

Aunque se desconoce la identidad de los mecanismos locales detectores de estos desenfoques, investigaciones evidencian el papel que desempeña la coroides en respuesta a estos desenfoques, ambos directamente cambiando su grosor (Nickla & Wallman, 2010). Se ha observado, mediante experimentos realizados en pollos, que tan solo con 10 minutos de desenfoque miópico ya se produce el engrosamiento de la coroides (Zhu et al. 2005).

En comparación con los estudios en animales, ha habido menos investigación sobre los efectos de desenfoque en la coroides humana. Algunos investigadores analizaron la longitud axial y los cambios en el espesor coroidal exponiendo los ojos humanos a diferentes desenfoques monoculares (sin desenfoque, +3.00 D de desenfoque miópico y -3.00 D de desenfoque hipermetrópico) de 1 hora. En concordancia con los resultados obtenidos en animales, el grosor coroidal aumentó por efecto del desenfoque retiniano miópico y disminuyó con el desenfoque retiniano hipermetrópico. También se observaron pequeños cambios en el espesor coroidal después de los 30 minutos y, una vez más, se corroboró el engrosamiento de la coroides y una reducción en longitud axial debido al desenfoque miópico y un adelgazamiento de la coroides y aumento de la longitud axial del ojo debido al desenfoque hipermetrópico (Read, Collins & Sander, 2010).

Además, estudios tanto en animales como en humanos, han demostrado las fluctuaciones diurnas en el espesor coroidal. Se conoce que la coroides es más gruesa por la noche y más delgada durante la mañana (Nickla, Wildsoet & Troilo, 2002). En los seres humanos, este ritmo diario normal puede ser interrumpido significativamente cuando los ojos están expuestos a desenfoque miópico o hipermetrópico (Chakraborty et al. 2012).

En relación con el desarrollo de la miopía y posibles métodos de control de la miopía, existe mayor interés en investigar la respuesta del ojo a los diferentes desenfoques retinianos valorando como se ve afectado el grosor coroidal.

2.8 Valoración del grosor coroideo mediante Tomografía de coherencia óptica (OCT)

La Tomografía de Coherencia Óptica (OCT en adelante) es una técnica de diagnóstico que permite obtener imágenes de secciones de tejidos biológicos con una elevada resolución. El tratamiento informático permite obtener imágenes tridimensionales de la retina.

Esta técnica se basa en un principio óptico complejo denominado interferometría que utiliza una fuente de luz infrarroja que penetra en los tejidos oculares y se divide en varios haces de luz. Uno de ellos penetra en la retina y otro es captado por un espejo de referencia. En su trayectoria de regreso, ambos haces chocan entre sí creando unas “interferencias” que al ser captadas por un detector se traducen en una imagen en color que representa e indica el grosor de los tejidos estudiados. Los colores fríos, como el azul o el negro, se relacionan con tejidos de menor grosor y los colores cálidos, como el rojo o blanco, con tejidos más gruesos.

La OCT es especialmente útil en oftalmología, dada la facilidad con la que la luz alcanza las estructuras oculares en el segmento anterior y posterior. Además, es una prueba de no contacto en la que el paciente debe estar mirando a un punto de fijación externo o interno. Aunque esta técnica se emplea cada vez más para el estudio del segmento anterior y de la papila en el glaucoma, la retina y, específicamente, la mácula, sigue siendo su principal aplicación (Griñó, Lugo, León et al. 2008).

2.8.1 Principio de funcionamiento

Diversos estudios afirman que la tomografía de coherencia óptica utiliza la interferometría de baja coherencia de una fuente de diodo luminiscente (luz infrarroja) con una longitud de onda de 820 nm de centrado y 25 nm de ancho de la banda, a través del cual logra proporcionar imágenes de las estructuras oculares gracias al tiempo de retardo del eco y la magnitud de luz dispersa en los tejidos (Wollstein, 2007).

Se producen franjas de interferencia mediante la división de un haz de luz monocromática, de modo que un rayo golpea un espejo fijo y el otro un espejo móvil. Cuando los haces reflejados son llevados de vuelta juntos hacia el detector, se produce un patrón de interferencia. Con esta técnica se pueden realizar mediciones de distancias precisas, moviendo el espejo y contando las franjas de interferencia que se desplazan respecto de un punto de referencia. De este modo, se obtiene un gráfico que da una imagen en sentido axial (A-SCAN) (Wesley, 1998).

La principal ventaja de la OCT es que la luz incide de forma directa sobre el tejido, sin necesidad de utilizar un transductor, con el inconveniente de que la luz se refleja y es absorbida casi en su totalidad por el tejido a explorar (Mylonas, Ahlers & Malamos et al. 2009).

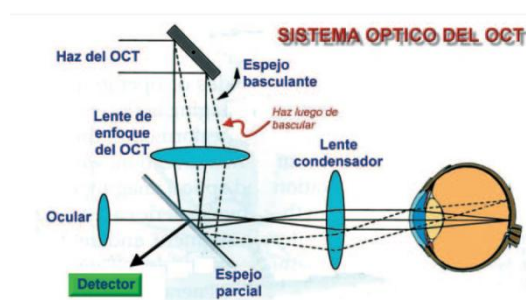


Imagen 2. Sistema óptico en el que está basado el OCT. Imagen cedida por la Dra. Griñó.

2.8.2 Imagen tomográfica

Las imágenes OCT obtenidas son el resultado de la realización de múltiples medidas en puntos consecutivos de un eje. La representación de los diferentes tejidos se realiza mediante una escala cromática. Las regiones tisulares que producen mayor dispersión o reflexión de la luz son aquellas que se disponen en capas perpendiculares al haz de luz (cápsula del cristalino, epitelio corneal, membrana limitante interna, capa de fibras nerviosas de la retina, etc.) o que están compuestas por células o uniones intercelulares heterogéneas (unión entre los segmentos internos y externos de los fotorreceptores y membrana limitante externa, respectivamente). Estos tejidos se representan en color rojo y blanco (el color blanco indica la reflectividad máxima). Por otro lado, los tejidos compuestos por elementos que se sitúan paralelos al haz de luz presentan menor dispersión o reflexión de luz, y se representan en color azul o negro (el negro representa la máxima hiporreflectividad). También existe la opción de representación en escala de grises, donde nuevamente el blanco y el negro se corresponden con la máxima hiper e hiporreflectividad respectivamente (Martín, Cintrano & Ceballos, 2011).

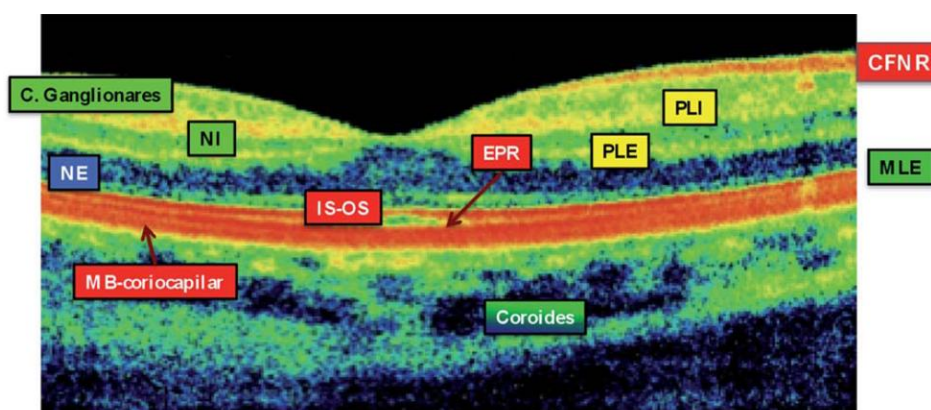


Imagen 3. Representación en color de las diferentes capas de la retina-coroides. (CFNR: capa de fibras nerviosas de la retina; NI: nuclear interna; NE: nuclear externa; PLI: plexiforme interna; PLE: plexiforme externa; MLE: membrana limitante externa; IS-OS: unión segmento interno-externo fotorreceptores; EPR: epitelio pigmentario retina; MB: membrana de Bruch).

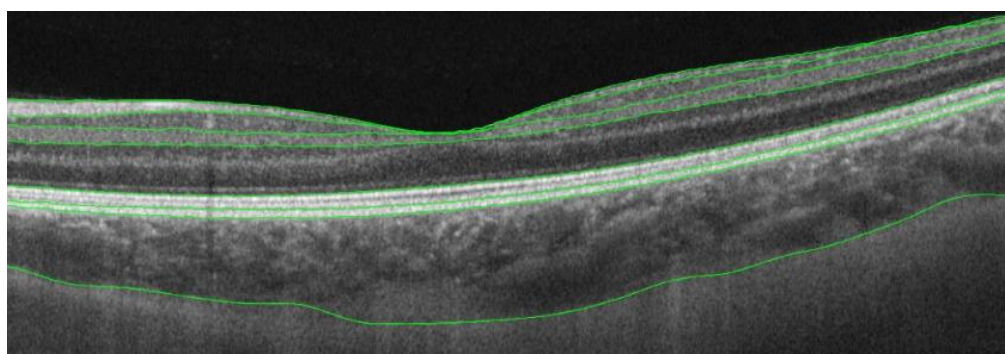


Imagen 4. Representación en escala de grises de las diferentes capas de la retina-coroides.

2.8.3 Adquisición de imágenes coroideas

La EDI-SD-OCT (enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography) fue descrita como una técnica para obtener imágenes de las capas superficiales y profundas del fondo de ojo. El método consiste en colocar la OCT más cerca del ojo y así producir una imagen invertida tanto de la retina como de la coroides (Yanoff & Duker, 2013). La tecnología convencional de OCT visualiza las capas retinianas y el EPR, pero poco el tejido corioideo subyacente. Este nuevo método permite una mejor resolución y sensibilidad hacia las estructuras más profundas del fondo de ojo como la coroides y la esclerótica interior (Spaide, 2011).

Un dispositivo estándar OCT utiliza luz casi infrarroja de aproximadamente 800 nm sin necesidad de una pupila midriática. Esta forma de luz permite la visualización de la retina y del espacio subretiniano pero al llegar al EPR, la luz se dispersa quedándonos muy poca información sobre la coroides. Al acercar el dispositivo al ojo permitimos que las capas de la coroides reciban un flujo de luz más centrado, proporcionando una mejor visualización en detalle de la capa corioidea. Gracias a este desarrollo ha mejorado mucho la medición del grosor corioideo (Orduna, 2013).

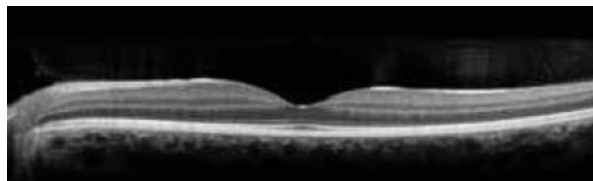


Imagen 5. Imagen con un SD-OCT de un ojo normal. Se observa la retina con excelente detalle, pero al incidir la luz sobre el EPR se pierde información para evaluar la coroides. Imagen cedida por Spaide.

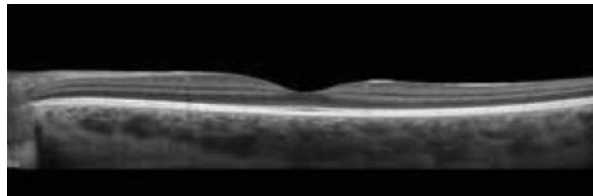


Imagen 6. Imagen con un SD-OCT utilizando la técnica EDI en el mismo ojo que en la figura anterior. Se conservan los detalles retinianos, pero ahora además, podemos observar la coroides y la esclera. Imagen cedida por Spaide.

3. OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio es evaluar si la lente de contacto Amiopik modifica el grosor de la coroides en jóvenes miopes en relación a su capacidad para el control de la miopía.

Los objetivos específicos son:

- Evaluar el espesor coroideo mediante Tomografía de Coherencia Óptica radial de tres dimensiones en pacientes miopes.
- Determinar si estos cambios coroideos se producen en periodos cortos de tiempo.
- Comprobar si existen diferencias de grosor de la coroides entre las 9 regiones del mapa de espesor coroideo.
- Ampliar conocimientos sobre la coroides y sus cambios en relación a los desenfoques ópticos producidos en la retina periférica.

4. METODOLOGIA

En este apartado se explica la organización para llevar a cabo este trabajo: se describirá la muestra seleccionada, los principios éticos a seguir, el material e instrumentos necesarios para el desarrollo de la parte experimental, y el protocolo de medida utilizado.

4.1 Selección de la muestra

La muestra seleccionada para realizar este trabajo fueron un grupo de estudiantes de la Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa. Esta selección se hizo en Mayo de 2016 y se tuvieron en cuenta una serie de condiciones para que estos sujetos formaran parte del estudio.

Los criterios de selección fueron los siguientes:

- Presentar una buena agudeza visual binocular con corrección tanto en visión lejana como en visión cercana.
- Presentar un error refractivo entre las -0.75 y las -7.00 dioptrías esféricas.
- Presentar buen estado de las estructuras oculares del polo anterior.
- Descanso previo de una semana donde los participantes del estudio no pudieron hacer uso de ningún tipo de lente de contacto.
- No haber estado sometido a ninguna cirugía ocular.
- No presentar historia de patología ocular.

Todos ellos fueron sometidos a una exploración optométrica convencional incluyendo agudeza visual con su mejor corrección, refracción, topografía y valoración de las estructuras oculares mediante biomicroscopía óptica para así procurar una buena adaptación de la lente de contacto Amiopik.

4.2 Principios éticos y legales

Al desarrollar este trabajo se han tenido en cuenta los aspectos éticos y legales para las investigaciones médicas en seres humanos que se encuentran en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (AMM).

La protección de datos de cada paciente durante la realización de este trabajo es un aspecto legal importante a destacar. Por lo tanto, se ha cumplido la Ley Orgánica 15/1999, del 13 de diciembre, de protección de datos de carácter personal y la ley 41/2002, del 14 de noviembre, reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica, que contienen las directrices a seguir para hacer efectivo el deber de secreto (Agencia estatal boletín oficial del estado, 1999).

Las pruebas realizadas en este trabajo no se consideran invasivas. A pesar de ello, cada paciente fue informado antes de iniciar el estudio y firmó el consentimiento para poder realizar las pruebas correspondientes.

4.3 Instrumentación

Para la adaptación de las lentes de contacto se dispuso de un gabinete optométrico completo compuesto por: lámpara de hendidura, queratómetro, retinoscopio, foróptero y caja de pruebas.

Cabe destacar la descripción del topógrafo corneal, empleado para la selección de los parámetros de las lentes a adaptar, y de la OCT, utilizada para la evaluación del grosor coroideo.

4.3.1 Topógrafo

Para obtener la medida de los radios corneales y la excentricidad utilizamos el topógrafo *Oculus Easygraph*. Este topógrafo se basa en la técnica de reflexión de disco de Plácido (disco con anillos concéntricos), que reconstruye la topografía corneal a partir del análisis de la imagen reflejada sobre la cara anterior de la córnea, determinando la desviación de los anillos reflejados. Está compuesto por 22 anillos que miden 22.000 puntos reales, con una precisión de ± 0.2 D. Lleva incorporado un software para la adaptación de lentes de contacto con el que es posible calcular la lente ideal hipotética en adaptación estática, si bien la adaptación final dependerá del correcto centrado y movimiento de la lente una vez insertada en el ojo del paciente.



Imagen 7. Realizando medición mediante Topógrafo corneal Oculus Easygraph.

4.3.2 OCT

Se midió el espesor coroideo de los sujetos a estudio mediante OCT, en concreto con el DRI OCT Triton de tecnología Swept Source combinando segmento anterior y posterior. Esta tecnología aporta una significativa mejora en relación con el OCT convencional ya que gracias a la luz de exploración de longitud de onda larga (1050 nm), la penetración en las capas más profundas del ojo se ha optimizado. Además, también penetra mejor a través de las cataratas, las hemorragias, los vasos sanguíneos y la esclerótica.

Dispone de una velocidad de exploración más rápida, 100.000 exploraciones A-Scans/segundo lo que nos aporta más información, mayor eficiencia y gran calidad del diagnóstico. Además cuenta con una mayor penetración de la luz de Swept Source visualizando fácilmente y de manera más clara las capas externas del ojo como pueden ser la coroides y la esclera.

Los escáneres son amplios y profundos ya que en una sola imagen se muestra con todo detalle el vítreo y la coroides. DRI OCT Triton detecta automáticamente 7 interfases, incluida la coroides/esclerótica. La exploración bidimensional de 12 mm cubre el área macular y el disco óptico en una sola captura.

Por otro lado, la longitud de onda invisible de 1050 nm no distrae a los pacientes ya que estos no ven la línea de escáner, lo que es una ventaja para las personas mayores y los niños. Esto produce una reducción de los artefactos de movimiento y mayor repetibilidad.

Finalmente, el nuevo sistema de seguimiento SMARTTrack es una herramienta muy útil para compensar los movimientos involuntarios del ojo (microsacádicos). SMARTTrack mejora la facilidad de uso del equipo ya que permite la captura automática de un escáner de seguimiento exactamente en la misma posición anatómica.



Imagen 8. DRI OCT Triton.



Imagen 9. DRI OCT Triton.

4.4 Protocolo de medida

El estudio consistió en medir el grosor coroidal de jóvenes miopes en dos situaciones: a ojo desnudo sin haber usado ningún tipo de lente de contacto y después de utilizar la lente de contacto Amiopik. Estas medidas se realizaron en el laboratorio de contactología situado en la 3ª planta (319) de la FOOT donde se pudo hacer uso del DRI OCT Triton.

Las condiciones de iluminación para hacer las pruebas fueron bajas (600 lux) y las medidas se hicieron por un único examinador siguiendo las mismas indicaciones y metodología.

Una vez contactados los participantes del estudio, realizamos una primera visita con cada uno de ellos donde se les informó de las características del estudio y se les entregó el consentimiento informado para cumplimentar. Además se les comprobó la refracción habitual con lentillas, se realizó una topografía para determinar los radios corneales y se valoró el estado del polo anterior mediante una biomicroscopía ocular. Estos datos fueron necesarios para hacer el pedido de las lentes de contacto Amiopik al laboratorio PaunéVisión. Así mismo, se concretó la fecha de realización de la primera medida y, muy importante, los participantes fueron avisados de que tenían que estar una semana sin utilizar ningún tipo de lente de contacto.

- **Primera medida sin lente de contacto:**

Cuando los sujetos entraban al gabinete, se les informaba sobre la utilidad de la OCT en nuestro estudio y se les indicaba los pasos a seguir.

Una vez que se situaban en la OCT tenían que fijar la vista sobre una cruz que aparece en el visor y mantener los ojos bien abiertos sin parpadear. A la hora de hacer la foto se les avisaba de que saldría una luz muy fuerte parecida a un flash.

Gracias a las características del DRI OCT Triton, obtuvimos imágenes de gran resolución lo que nos permitió observar tanto la retina como la coroides. Además, el sistema SMARTTrack nos fue muy útil para compensar los movimientos involuntarios del ojo (microsacádicos).

Obtuvimos el mapa retiniano y coroidal a través de la división del área macular en 9 regiones realizado por ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study), en la que el área analizada queda dividida en tres círculos, uno central y dos anillos con radios de 3 y 6 mm respectivamente, y estos, a su vez, en zona temporal, nasal, superior e inferior. Además, se obtuvo el volumen y grosor coroidal total.



Imagen 10. Realizando la prueba sin lente de contacto a un paciente.



Imagem 11. Divisió de quadrants del mapa de espesor coroideo.

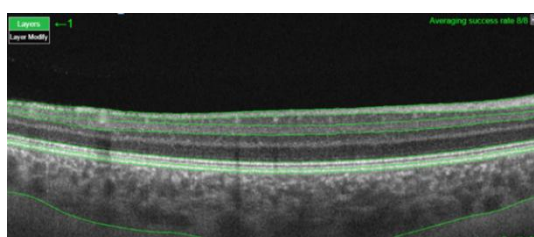


Imagem 12. Observamos el espesor de la coroides como la distancia entre la línea en la base del EPR y la línea que queda tras los grandes vasos de la coroides, siendo esta la que nos deja diferenciar la coroides de la esclera.

Se hicieron para cada condición experimental tres medidas por paciente y todas ellas se realizaron siempre por la tarde aunque a diferentes horas debido a la disponibilidad de los pacientes. Se intentó cumplir esta condición ya que, como hemos visto anteriormente, estudios han demostrado que el grosor de la coroides va fluctuando, siendo más gruesa por la noche y más delgada durante la mañana (Nickla, Wildsoet & Troilo, 2002).

- **Segunda medida después de utilizar la lente de contacto Amiopik:**

Se hizo exactamente igual que la primera con la diferencia de que, en este caso, los participantes utilizaron la lente de contacto Amiopik durante 4 días. La medida se realizó justo después de extraer la lentilla.

Igual que en la primera medida, los pacientes tenían que fijar la vista en la cruz que aparecía dentro de la OCT con los ojos bien abiertos, avisándoles del flash de luz que salía una vez realizábamos la foto.

De igual modo, obtuvimos imágenes de gran resolución lo que nos permitió observar tanto la retina como la coroides ayudándonos de nuevo del sistema SMARTTrack para compensar los movimientos involuntarios del ojo (microsacádicos).

Pudimos volver a observar el mapa retiniano y coroideo a través de la división del área macular en 9 regiones realizado por ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study), en la que el área analizada queda dividida en tres círculos, uno central y dos anillos con radios de 3 y 6 mm respectivamente, y estos a su vez, en zona temporal, nasal, superior e inferior. También obtuvimos los valores de volumen y espesor totales.



Imagen 13. Realizando la prueba después de utilizar la lente de contacto Amiopik a una paciente.

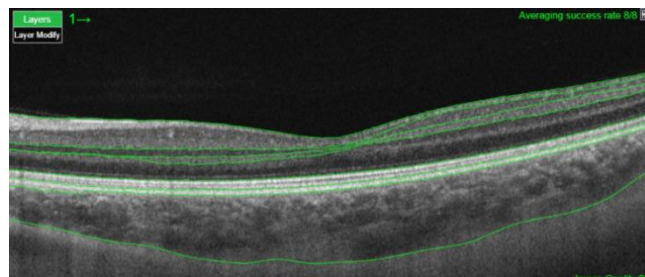


Imagen 14. Observamos el espesor de la coroides como la distancia entre la línea en la base del EPR y la línea que queda tras los grandes vasos de la coroides, siendo esta la que nos deja diferenciar la coroides de la esclera.

Finalmente, decidimos establecer un uso de 4 días de la lente de contacto Amiopik para estudiar los posibles cambios coroides a corto plazo.

5. RESULTADOS

En este apartado se muestran los resultados obtenidos siguiendo la metodología descrita en el apartado anterior.

En primer lugar se presentan las características de la muestra. Seguidamente, ofrecemos la estadística descriptiva de nueve regiones maculares individuales, agrupadas en tres localizaciones distintas (radio de seis, tres y un milímetro) y, finalmente, el volumen y grosor coroideo total, tanto antes como después del uso de la lente de contacto Amiopik. Finalmente, presentamos la comparación a través de gráficos de columnas donde se observan las diferencias obtenidas en todas las áreas mencionadas y se analizan los datos registrados mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para muestras relacionadas.

Este análisis se realizó a través la hoja de cálculo Excel (2010) y el paquete estadístico StataIC14 (StataCorp LP, Texas).

5.1 Descripción de la muestra

Se incluyeron en el estudio 18 ojos derechos de 18 pacientes estudiantes de la Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa, 14 mujeres (77.7%) y 4 varones (22.2%). Estos presentan una media de edad de 21.77 ± 1.20 , con un máximo de 24 y un mínimo de 20.

5.2 Descripción de las variables

En la tabla 1 se detalla la media y la desviación estándar de los valores obtenidos en las 9 diferentes regiones del mapa coroideo tanto en el área de 6 mm, 3 mm como en el centro para cada una de las situaciones. Se decidió profundizar más con la finalidad de determinar si hay algún punto donde podamos encontrar diferencias.

ESPESOR (μm)		
	Sin LC media \pm desviación estándar	Después de la LC Amiopik media \pm desviación estándar
Superior 6mm	284,54 \pm 56,14	281,97 \pm 52,97
Nasal 6mm	167,11 \pm 52,92	166,76 \pm 51,81
Inferior 6mm	247,97 \pm 70,92	246,75 \pm 66,62
Temporal 6mm	279,30 \pm 56,79	278,76 \pm 55,33
Superior 3mm	282,79 \pm 62,23	283,88 \pm 64,14
Nasal 3mm	223,48 \pm 71,47	224,59 \pm 71,75
Inferior 3mm	256,34 \pm 71,64	256,87 \pm 71,27
Temporal 3mm	283,66 \pm 68,83	285,69 \pm 69,03
Centro	262,99 \pm 76,95	264,59 \pm 77,27

Tabla 1. Media y desviación estándar de los valores obtenidos en las nueve diferentes regiones del mapa de espesor coroideo (valores expresados en μm).

La tabla 2 muestra el espesor coroideo (μm) de estas 9 regiones agrupadas en tres localizaciones diferentes, radio de 6, radio de 3 mm respecto a la fóvea, y cuadrante centro de 1 mm de radio. Se indican las distintas situaciones en las que se realizaron las medidas a los sujetos, sin lente de contacto y después de utilizar la lente de contacto Amiopik.

	Sin LC			Después de la LC Amiopik		
	6mm μm	3mm μm	CENTRAL μm	6mm μm	3mm μm	CENTRAL μm
1	350,275	371,8025	362,17	327,8225	369,7225	349,17
2	335,205	405,3925	452,96	327,02	401,365	455,81
3	252,2375	240,66	211,99	259,1375	251,1325	224,02
4	283,4275	299,81	307,18	291,7725	309,7875	315,32
5	229,04	244,6825	238,03	232,515	251,37	248,77
6	207,09	217,085	218,25	211,59	221,29	220,83
7	242,3675	274,9475	284,05	239,18	269,1725	277,23
8	241,1725	249,21	256,61	235,58	244,5925	250,07
9	202,21	243,3175	268,9	210,2075	252,665	283,38
10	165,6725	181,3575	172,26	167,87	182,425	174,77
11	170,665	169,2725	165,93	165,3125	162,61	159,02
12	184,53	183,15	176,23	177,855	177,2975	168,15
13	262,865	280,785	282,58	258,5075	274,5325	278,09
14	227,2125	231,78	230,33	228,8125	237,7025	248,44
15	256,91	273,44	258,11	263,4375	279,61	260,29
16	186,015	185,095	171,33	185,1175	181,6975	166,16
17	301,845	333,2075	355,69	296,49	333,19	350,83
18	306,38	323,2125	321,15	305,8575	329,4925	332,32

Tabla 2. Medida del espesor coroideo de los participantes del estudio (valores expresados en μm).

La tabla 3 muestra la media y la desviación estándar del espesor coroideo (μm) de dichas regiones agrupadas en tres localizaciones diferentes, radio de 6, radio de 3 mm respecto a la fóvea, y cuadrante centro de 1 mm de radio para las dos situaciones en las que se realizaron las medidas.

	Sin LC	Después de la LC Amiopik
6mm μm	244,73 \pm 54,78	243,56 \pm 52,06
3mm μm	261,57 \pm 66,40	262,76 \pm 66,92
CENTRAL μm	262,99 \pm 76,95	264,59 \pm 77,27

Tabla 3. Media y desviación estándar de las medidas del espesor coroideo de los participantes del estudio (valores expresados en μm).

La tabla 4 muestra la diferencia entre los valores del espesor corioideo tomados en las tres áreas previamente definidas, para cada una de las dos situaciones. De esta manera se puede comparar las diferencias de espesor en las medidas sin lente de contacto con respecto a después del uso de la lente de contacto Amiopik.

	Sin LC/Después de la LC Amiopik		
	Diferencia 6mm μm	Diferencia 3mm μm	Diferencia CENTRAL μm
1	-22,45	-2,08	-13,00
2	-8,19	-4,03	2,85
3	6,90	10,47	12,03
4	8,35	9,98	8,14
5	3,48	6,69	10,74
6	4,50	4,21	2,58
7	-3,19	-5,77	-6,82
8	-5,59	-4,62	-6,54
9	8,00	9,35	14,48
10	2,20	1,07	2,51
11	-5,35	-6,66	-6,91
12	-6,67	-5,85	-8,08
13	-4,36	-6,25	-4,49
14	1,60	5,92	18,11
15	6,53	6,17	2,18
16	-0,90	-3,40	-5,17
17	-5,36	-0,02	-4,86
18	-0,52	6,28	11,17

Tabla 4. Diferencias entre las medidas del espesor corioideo de los participantes del estudio.

En la tabla 5 se presentan los valores de volumen total expresados en mm^3 y la diferencia entre las dos situaciones medidas. De esta manera se puede comparar las diferencias en las medidas de volumen sin lente de contacto versus después del uso de la lente de contacto Amiopik.

	VOL. Sin LC	VOL. Después de la LC Amiopik	Diferencia
1	10,13	9,55	-0,58
2	10	9,79	-0,21
3	7,04	7,22	0,18
4	8,13	8,36	0,23
5	6,58	6,73	0,15
6	5,93	6,07	0,14
7	7,08	6,97	-0,11
8	6,87	6,73	-0,14
9	6,05	6,27	0,22
10	4,79	4,84	0,05
11	4,81	4,66	-0,15
12	5,19	5,02	-0,17
13	7,55	7,45	-0,1

14	6,44	6,51	0,07
15	7,37	7,55	0,18
16	5,25	5,19	-0,06
17	8,79	8,66	-0,13
18	8,78	8,81	0,03

Tabla 5. Medida del volumen total de los participantes del estudio y la diferencia entre las dos situaciones medidas (valores de volumen total expresados en mm³).

La tabla 6 expone los valores del espesor total expresados en (μm) y la diferencia entre las dos situaciones medidas. Así se puede comparar las diferencias en las medidas de espesor total sin lente de contacto versus después del uso de la lente de contacto Amiopik. La media y la desviación estándar del espesor total sin lente de contacto es de 249,09 ± 57,80 μm mientras que después del uso de la lente de contacto Amiopik es de 248,34 ± 55,49 μm.

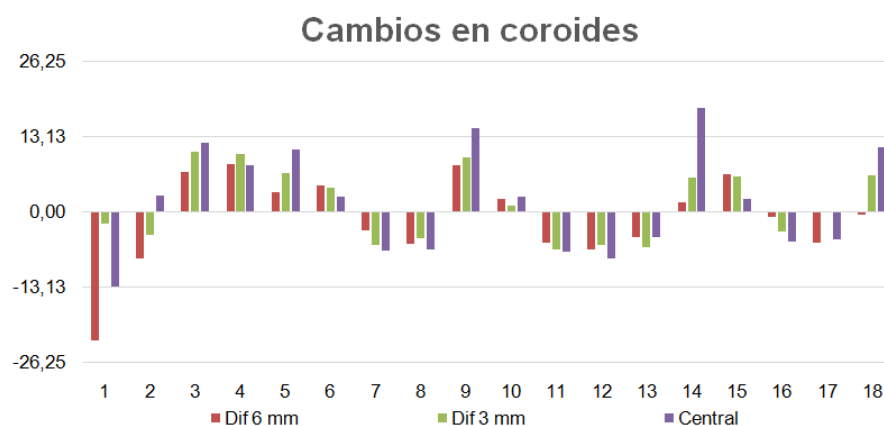
	Espesor total. Sin LC	Espesor total. Después de la LC Amiopik	Diferencia
1	358,2	337,7	-20,5
2	353,6	346,3	-7,3
3	248,9	255,3	6,4
4	287,5	295,8	8,3
5	232,7	238	5,3
6	209,6	214,8	5,2
7	250,5	246,6	-3,9
8	243,1	238	-5,1
9	213,9	221,9	8
10	169,4	171,1	1,7
11	170,1	164,8	-5,3
12	183,6	177,5	-6,1
13	267,1	263,3	-3,8
14	227,9	230,20	2,3
15	260,6	267,10	6,5
16	185,6	183,7	-1,9
17	310,8	306,3	-4,5
18	310,5	311,7	1,2

Tabla 6. Medida del espesor total de los participantes del estudio y la diferencia entre las dos situaciones medidas (valores de espesor total expresados en μm).

5.3. Comparativa de los resultados

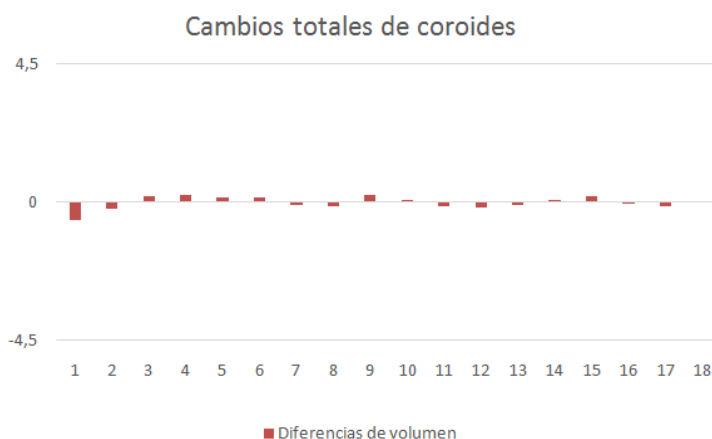
Se analizaron las 9 regiones del mapa de espesor coroidal mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para muestras relacionadas que no rebeló diferencias estadísticamente significativas.

Nos ayudaremos mediante los siguientes gráficos para ver las diferencias obtenidas en la agrupación de las 9 regiones analizadas, en el volumen y en el espesor coroidal total:



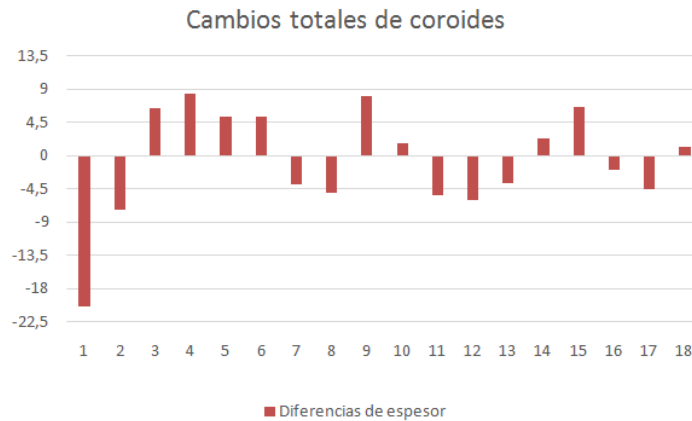
Gráfica 1. Diferencias de espesor después del uso de la lente de contacto Amiopik para cada una de las tres localizaciones en el mapa de espesor coroidal.

En la gráfica 1 se muestran las diferencias en el espesor de la coroides después de que los pacientes hicieran uso de la lente de contacto Amiopik. Podemos ver si aumenta o disminuye este espesor para cada una de las tres localizaciones en el mapa de espesor coroidal: diferencia a 6mm, diferencia a 3mm y diferencia en el centro. Gráficamente, se observan pacientes cuyo espesor coroidal aumentó y otros a los que les disminuyó. La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para muestras relacionadas no rebeló diferencias estadísticamente significativas.



Gráfica 2. Diferencias de volumen total después del uso de la lente de contacto Amiopik.

En la gràfica 2 se muestran las diferencias de volumen total de la coroides después de que los pacientes hicieran uso de la lente de contacto Amiopik. Podemos observar pacientes cuyo volumen coroides aumentó y otros a los que les disminuyó. La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para muestras relacionadas no rebeló diferencias estadísticamente significativas.



Gràfica 3. Diferencias de espesor total después del uso de la lente de contacto Amiopik.

En la gràfica 3 se muestran las diferencias de espesor total de la coroides después de que los pacientes hicieran uso de la lente de contacto Amiopik. Podemos observar pacientes cuyo espesor coroides aumentó y otros a los que les disminuyó. La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para muestras relacionadas no rebeló diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los casos.

6. DISCUSIÓN

El objetivo principal de este estudio es evaluar si la lente de contacto Amiopik modifica el grosor de la coroides en jóvenes miopes en relación a su eficacia para el control de miopía.

En el presente trabajo hemos comparado el grosor de la coroides a ojo desnudo sin ningún tipo de lente de contacto y después de hacer uso de la lente de contacto Amiopik. Estas comparativas se han realizado de tres maneras diferentes: mediante las 9 regiones del área macular, agrupando éstas en tres localizaciones diferentes (6 mm, 3 mm y zona central) y, finalmente, el grosor coroidal total.

6.1 Grosor coroidal en las 9 regiones del área macular

Se decidió estudiar estos valores por separado por tal de ver si existen diferencias de grosor entre algunos de los cuadrantes. Analizando los resultados obtenidos, aun no siendo estadísticamente significativos, podemos observar que existe mayor diferencia entre los valores de los cuadrantes nasal y temporal. Por ejemplo, el valor promedio del cuadrante nasal para el anillo de 6 mm a ojo desnudo es de $167,11 \pm 52,92 \mu\text{m}$ con respecto a $166,76 \pm 51,81 \mu\text{m}$ después del uso de la lente de contacto Amiopik. Por otro lado, el valor promedio del cuadrante temporal para el anillo de 6 mm a ojo desnudo es de $279,30 \pm 56,79 \mu\text{m}$ con respecto a $278,76 \pm 55,33 \mu\text{m}$ después del uso de dicha lente de contacto.

Estos cambios obtenidos en grosor de coroides no están en concordancia con el estudio realizado por Chen, Xue, Zhou et al. (2016), donde sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el grosor coroidal de 77 sujetos después del uso de la lente de contacto Orto-K durante 3 semanas. Aunque se trata igualmente de una investigación a corto plazo, estos estudios son sensiblemente distintos. Los pacientes utilizaron la lente Orto-k cada noche durante una media de 8 horas y no usaron ningún tipo de lente de contacto durante el día, lo que facilitó a que se cumpliera esta condición. Por otro lado, los sujetos de nuestro estudio utilizaron la lente de contacto Amiopik durante 4 días con un uso de horas variable según el paciente en relación al confort que experimentaba cada uno de ellos. Por este motivo, la adaptación de la lente de contacto debería de ser perfecta para cada uno de los participantes sin presentar ninguna molestia para así poder hacer uso de ella las máximas horas posibles.

Otros estudios han examinado la influencia de un día completo de desenfoque obteniendo cambios transitorios ya que la coroides vuelve a la normalidad cuando se retira el estímulo (Chakraborty, Red & Collins, 2012). Esto nos hace pensar que, igualmente, aunque se haga un estudio con más horas de uso, seguirán habiendo posibles cambios coroidales en el momento que los sujetos retiren sus lentes de contacto para descansar de ellas.

Además, los investigadores Chen, Xue, Zhou et al. (2016) evidenciaron los cambios coroidales y concluyeron que estas variaciones podrían ser debidas a las fluctuaciones diurnas. Por este motivo, midieron a los sujetos entre las 10-12 horas. En nuestro estudio hemos intentado seguir estrictamente el protocolo establecido. Todos los pacientes fueron informados de la necesidad de descanso durante una semana sin ningún tipo de lente de contacto, las condiciones de luz fueron las mismas para todos los sujetos y tuvieron únicamente un examinador que daba las mismas indicaciones para todos ellos. No obstante, por tiempo y disponibilidad de los sujetos a estudio las medidas debieron realizarse siempre por la tarde ya que la coroides es más gruesa por la noche y más delgada durante la mañana (Nickla, Wildsoet & Troilo, 2002) pero cada uno de ellos a horas diferentes. Posiblemente por ello se hayan obtenido resultados variables.

A pesar de ello, analizando los resultados obtenidos para los cuadrantes nasal y temporal, podemos ver la coincidencia con los datos de Chen, Xue, Zhou et al. (2016) donde se obtiene un promedio de $328 \pm 36 \mu\text{m}$ para el cuadrante temporal con respecto a $220 \pm 46 \mu\text{m}$ para el cuadrante nasal concluyendo que la coroides es más gruesa en la región temporal y más delgada en la región nasal.

6.2 Grosor coroideo en los 3 círculos concéntricos de (6 mm, 3 mm y 1 mm)

En la muestra de pacientes a ojo desnudo sin hacer uso de ningún tipo de lente de contacto hemos encontrado valores promedio de $244,73 \pm 54,8 \mu\text{m}$ para el radio de 6 mm, $261,57 \pm 66,40 \mu\text{m}$ para el radio de 3 mm y $262,99 \pm 76,95 \mu\text{m}$ para el radio de 1 mm o zona central. Por otro lado, los valores promedio obtenidos para los mismos sujetos después del uso de la lente de contacto Amiopik son de $243,56 \pm 52,06 \mu\text{m}$ para el radio de 6 mm, $262,76 \pm 66,92 \mu\text{m}$ para el radio de 3 mm y $264,59 \pm 77,27 \mu\text{m}$ para el radio de 1 mm o zona centro. Estos cambios no resultan ser estadísticamente significativos.

Nuestros resultados no están en concordancia con los del estudio de Wildsoet y Wallman (1995) en animales, donde encontraron que el espesor de coroides podía estar influenciado por el desenfoque óptico. Aunque se trata de un modelo animal no transferible a ojos humanos, a nivel observacional podemos ver como en el caso aislado de alguno de los sujetos analizados si existe correspondencia. Por ejemplo, el sujeto número 14 presenta un grosor central de $230,33 \mu\text{m}$ con respecto a las $248,44 \mu\text{m}$ obtenidas para el mismo sujeto después de haber hecho uso de dicha lente de contacto. Otros estudios en seres humanos también muestran el papel que desempeña la coroides en respuesta a estos desenfoques, cambiando su grosor (Nickla & Wallman, 2010).

6.3 Grosor coroideo total

Analizando el grosor coroideo total, también obtenemos resultados muy variables ya que se observa tanto aumento como disminución de éste. La media y la desviación estándar obtenida para estos resultados es de $249,09 \pm 57,80 \mu\text{m}$ para la medida a ojo desnudo sin uso de ningún tipo de lente de contacto y $248,34 \pm 55,49 \mu\text{m}$ para la medida después del uso de la lente de contacto Amiopik. Aunque los resultados obtenidos no rebelan diferencias estadísticamente significativas, podemos observar un engrosamiento del espesor coroideo total de $5\mu\text{m}$ en los sujetos estudiados. Podemos considerar este dato como uno de los más relevantes del estudio ya que, nos da una señal sobre la posible influencia de la lente de contacto Amiopik en el espesor coroideo.

Aún así, estos resultados no están en concordancia con lo expuesto por Read et al (2010) sobre cambios coroides al imponer un desenfoque periférico de $\pm 3,00 \text{ D}$ durante 30 y después de los 60 minutos. Este estudio fue realizado mediante el uso de reflectometría óptica de baja coherencia (Lenstar) mientras que el nuestro ha sido ejecutado mediante Tomografía de Coherencia Óptica (OCT). El método de medida utilizado es un factor que también debemos tener en cuenta ya que puede haber disparidad de resultados de una técnica a otra. Dentro de las limitaciones técnicas de este estudio, se debe tener en consideración el posible error de medida del instrumento.

Por otro lado, el número de sujetos es un dato también importante a la hora de obtener resultados estadísticamente significativos. Nuestro estudio se realizó con 18 sujetos coincidiendo con la investigación realizada por Gardner (2015), donde tampoco se encontró aumento del grosor de la coroides después de que sus sujetos hicieran uso de la lente de contacto Orto-K durante 9 meses. Aunque nuestra muestra fuera mayor que la de Gardner, ya que el trató únicamente 9 sujetos, estos estudios son sensiblemente distintos ya que el tiempo de medida no fue el mismo. Gardner realizó las medidas cada tres meses siendo un intervalo de tiempo muy diferente al nuestro. A pesar de ello, a tenor de los resultados de ambos, concluimos que en nuestro caso ni el tamaño de la muestra ni el número de horas de uso de la lente de contacto Amiopik han sido suficientes para encontrar los



resultados esperados y, por lo tanto, si se realizará nuevamente un estudio similar, esta sería una condición a mejorar.

Sin duda, en nuestro trabajo el tiempo ha sido muy limitado ya que la OCT fue prestada y no se encuentra normalmente disponible en la facultad de Óptica y Optometría de Terrassa. Deberíamos volver a realizar dicho trabajo con más pacientes y, sobretodo, durante más tiempo. Por todo lo discutido anteriormente, los cambios en el grosor coroideo por efecto de los desenfoques producidos por lentes de contacto de gradiente radial es un tema en el que a día de hoy queda mucho por investigar. Según nuestros datos y las evidencias de la bibliografía especializada sería altamente recomendable estudiar a los pacientes teniéndolos durante varias horas en observación haciendo uso de este tipo de lentes de contacto.

7. CONCLUSIONES

En este apartado se sintetizan las conclusiones principales a las que hemos llegado una vez analizados los resultados obtenidos en la parte experimental del estudio.

- No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre el grosor coroideo a ojo desnudo del paciente sin llevar ningún tipo de lente de contacto y después de hacer uso de la lente de contacto Amiopik.
- De modo observacional se aprecian variaciones en el grosor coroideo existiendo diferencias de espesor entre las regiones analizadas pero no alcanzan significación estadística.
- Nuestra investigación no arroja luz para la comprensión de los mecanismos que responden a los desenfoques en la retina periférica cambiando el grosor de la coroides.
- En un próximo estudio similar deberíamos contar con mayor número de sujetos para tener una mayor muestra y así poder asegurar los resultados.
- Es imprescindible aumentar el tiempo de uso de las lentes para estudiar los posibles cambios en el grosor coroideo.
- Es importante que se cumpla el mismo protocolo de evaluación para todos los sujetos midiendo a la misma hora, con las mismas condiciones luminosas y por un único examinador con el mismo método de medida.
- El hecho de que el grosor coroideo se vea modificado por la lente de contacto de gradiente radial es un tema en el que aún queda mucho por investigar, ya que existe mucha variedad de resultados comparando estudios anteriores.
- Los cambios en el grosor coroideo por efecto de los desenfoques producidos por lentes de contacto de gradiente radial de potencia u ortoqueratología constituyen un campo de investigación de alto interés.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Adler D, Millodot M (2006). The possible effect of undercorrection on myopic progression in children. Clin Exp Optom; 89:315-21.
- Amos John, F (1987). Diagnosis and management in vision care. Boston: Butterworths. Cap.19.
- Atchison DA, Pritchard N, Schmid KL (2006). Peripheral refraction along the horizontal and vertical visual fields in myopia. Vision Res; 46:1450-8.
- Brookman, KE (1996). Refractive management of ametropia. Butterworth-Heineman.
- Charman WN (2005). Aberrations and myopia. Ophthalmic phisiol opt., vol. 25, no. 4, pp. 285-301.
- Charman WN, Mountford J, Atchison DA, Markwell EL (2006). Peripheral refraction in orthokeratology patients. Investigative Ophthalmology & Visual Science; 83:641-8.
- Chakraborty R, Read SA, Collins MJ (2012). Monocular myopic defocus and daily changes in axial length and choroidal thickness of human eyes. Experimental Eye Research 103; 47-54.
- Chen Z, Xue F, Zhou J, Qu X & Zhou X (2016). Effects of orthokeratology on choroidal thickness and axial length. Optometry and vision science. Vol. 93, no. 9, pp. 00-00
- Chen X, Sankaridurg P, Donovan L, et al (2010). Characteristics of peripheral refractive errors of myopic and non-myopic Chinese eyes. Vision Res; 50:31-5.
- Chiang ST-H, Phillips JR & Backhouse S (2015). Effect of retinal image defocus on the thickness of the human choroid. Ophthalmic Physiol Opt; 35:405-413. doi: 10.1111/opo.12218
- Cho P, Cheung SW, Edwards M (2005). The longitudinal orthokeratology research in children (LORIC) in Hong Kong: a pilot study on refractive changes and myopic control. Curr Eye Res; 30:71-80.
- Chua W, Balakrishnan V, Chan Y, et al (2006). Atropine for the treatment of childhood myopia. Ophthalmology; 113:2285-91.
- De Hoz MR & Ramírez SA (2006). Implications of nerve control of choroidal blood flow in ocular diseases. Arch Soc Esp Oftalmol; 81:241-242.
- Dorothy, SP et al (2004). Prevalence, incidence, and progression of myopia of school children in Hong Kong. Investigative Ophthalmology & Visual Science, vol. 45, no. 4.
- Edwards MH (1999). The development of myopia in Hong Kong children between the ages of 7 and 12 years: a five year longitudinal study. Ophthal Physiol Opt; 19:286-94.
- Edwards MH, Li RW, Lam CS, et al (2002). The Hong Kong progressive lens myopia control study: study design and main findings. Investigative Ophthalmology & Visual Science; 43:2852-8.
- Fan D, Lam CS, Lam F, et al (2004). Prevalence, incidence, and progression of myopia of school Children in Hong Kong. Investigative Ophthalmology & Visual Science; 45:1071-5.

Fan D, Lam CS, Chan C, et al (2007). Topical atropine in retarding myopic progression and axial length growth in children with moderate to severe myopia: a pilot study. *Jap J Ophthalmol*; 51:27-33.

Flitcroft, D. I. (2012). The complex interactions of retinal, optical and environmental factors in myopia aetiology. *Progress in Retinal and Eye Research*, 31(6), 622-660. Doi:10.1016/j.preteyeres.2012.06.004

Flom, MC (1991). Refractive anomalies. Research and clinical applications. Butterworth-Heineman.

Flores-Moreno I, Lugo F, Duker JS, Ruiz-Moreno JM (2013). The relationship between axial length and choroidal thickness in eyes with high myopia. *American Journal of Ophthalmology*; 155:314-319.

Gardner DJ, Walline JJ, Mutti DO (2015). Choroidal thickness and peripheral myopic defocus during orthokeratology. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 92:579-88.

Goss DA (1994). Effect of spectacle correction on the progression of myopia in children. *J Am Optom Assoc*; 65:117-28.

Griñó García-Pardo C, Lugo Quintás F, León M, Ligeró S, Ruiz Moreno JM, Montero Moreno J (2008). Tomografía de Coherencia Óptica (OCT) Funcionamiento y utilidad en patología macular (I). *Gaceta Óptica*; 427:12-14.

Grosvenor T, Perrigin DM, Perrigin J, Maslovitz B (1987). Houston Myopia Control Study: a randomized clinical trial. Part II. Final report by the patient care team. *Am J Optom Physiol Opt*; 64:482-98.

Grosvenor T, Perrigin J, Perrigin DM, Quintero S (1989). Use of silicone-acrylate contact lenses for the control of myopia: results after two years of lens wear. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 66:41-7.

Grossniklaus HE, Green WR (1992). Pathologic findings in pathologic myopia. *Retina*; 12(2):127-133.

Guggenheim JA & McBrien NA (1996). Form-deprivation myopia induces activation of scleral matrix metalloproteinase-2 in tree shrew. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; vol. 37, pp. 1380-1395.

Gwiazda J, Hyman L, Hussein M, et al (2003). A randomized clinical trial of progressive addition lenses versus single vision lenses on the progression of myopia in children. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 44:1492-500.

Gwiazda J, Hyman L, Norton TT, COMET Group, et al (2004). Accommodation and related risk factors associated with myopia progression and their interaction with treatment in COMET children. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 45:2143-51.

Hosaka A (1988). Myopia prevention and therapy. The role of pharmaceutical agents. Japanese studies. *Acta Ophthalmol*; Suppl:130-1.

Hung LF, Wallman J, Smith EL III (2000). Vision-dependent changes in the choroidal thickness of macaque monkeys. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; vol. 4, pp. 1259-1269.

Hung LF, Ramamirtham R, Huang J, et al (2008). Peripheral refraction in normal infant rhesus monkeys. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 49:3747-57.



Jensen H (1991). Myopia progression in young school children. A prospective study of myopia progression and the effect of a trial with bifocal lenses and beta blocker eye drops. *Acta Ophthalmol; Suppl*:1-79.

Jerome A, Legerton OD & Chou OD (2010). Myopia regulation: myth or megatrend?. Review of optometry.

Jorge J, González-Méijome JM & Villa C (2006). Contact lenses and myopia progression: a review. *Rev.Esp.Contact*, vol. 13, pp. 17-32.

Kelly BT, Chatfield C, Tustin G (1975). Clinical assessment of the arrest of myopia. *Br J Ophthalmol*; 59:529.

Kerns RL (1978). Research in orthokeratology. Part VIII: results, conclusions and discussion of techniques. *J Am Optom Assoc*; 49:308-14.

Khoo CY, Chong J, Rajan U (1999). A 3-year study on the effect of RGP contact lenses on myopic children. *Singapore Med J*; 40:230-7.

Kwon S, Cotter SA, Flores Y (2000). Collaborative assessment of myopia progression with pirenzepine (CAMPP) study: Recruitment underway for FDA (PIR-205) clinical trial. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 77:S99.

Lam CS, Edwards MH, Millodot M, Goh WS (1999). A 2 year longitudinal study of myopia progression and optical component changes among Hong Kong schoolchildren. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 76:370-80.

Lam CS, Goldschmidt E, Edwards M (2004). Prevalence of myopia in local and international schools in Hong Kong. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 81:317-22.

Lam CSY, Goldschmidt E & Marion E (2004). Prevalence of myopia in local and international schools in Hong Kong. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol. 81, no. 5.

Leung J, Brown B (1999). Progression of myopia in Hong Kong chinese schoolchildren is slowed by wearing progressive lenses. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 76:356-54.

Lin LLK, Shih YF, Hsiao CK, Chen CJ (2004). Prevalence of myopia in Taiwanese schoolchildren: 1983 to 2000. *Ann Acad Med Singapore*; 33:27-33.

Luis Curbelo, Juan R. Hernández, Enrique J. Machado, Carmen M. Padilla, Meysi Ramos, Marcelino Río y Raúl Barroso (2005). Frecuencia de ametropías.

Manjunath V, Taha M, Fujimoto JG, Duker JS (2010). Choroidal thickness in normal eyes measured using Cirrus HD optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol*; 150(3):325-329.

Matsumura H, Hirai H (1999). Prevalence of myopia and refractive changes in students from 3 to 17 years of age. *Surv Ophthalmol*; 44:S109-S115.

McBrien N, Jobling A, Gentle A (2009). Biomechanics of the sclera in myopia: extracellular and cellular factors. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 86:E23-E30.

Morrison RJ (1957). Contact lenses and the progression of myopia. *J Am Optom Assoc*; 28:711.

Mutti DO, et al (2000). AC/A Ratio, age and refractive error in children. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol. 41, no. 9, pp. 2469-78.

Mutti DO, Sholtz RI, Friedman NE, Zadnik K (2000). Peripheral refraction and ocular shape in children. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 41:1022-30.

Mutti D, Sinnott L, Mitchell G, Jones-Jordan L, Moeschberger M, Cotter S & Zadnik K (2011). Relative peripheral refractive error and the risk of onset and progression of myopia in children. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 52(1), 199-205. Doi:10.1167/iops.09-4826

Mutti DO, Zadnik K (2000). Age related decreases in the prevalence of myopia: longitudinal change or cohort effect? *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 41:2103-7.

Mylonas G, Ahlers C, Malamos P, et al (2009). Comparison of retinal thickness measurement and segmentation performance of four different spectral and time domain OCT devices in neovascular age-related macular degeneration. *Br J Ophthalmol*; 93:1453-60.

Nickla DL & Wallman J (2010). The multifunctional choroid. *Progres in retinal and eye research*; 29:144-168.

Nickla DL, Wildsoet CF & Troilo D (2002). Diurnal rhythms in intraocular pressure, axial length, and choroidal thickness in a primate model of eye growth, the common marmoset. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 43:2519-2528.

Pärssinen O, Hemminki E, Klemetti A (1989). Effect of spectacle use and accommodation on myopic progression: final results of a three-year randomised clinical trial among schoolchildren. *Br J Ophthalmol*; 73:547-51.

Pauné J, Morales H, Armengol J, Quevedo LI, Faria-Ribeiro M & González-Méijome JM (2015). Myopia control with a novel peripheral gradient soft lens and orthokeratology: A 2-year clinical trial. *BioMed Research International*.

Perkins, ES (1979). Morbidity from myopia. *Sightsav*, vol. 49, pp. 11-19.

Pizzarello L, Abiose A, Ffytche T, et al (2004). VISION 2020: The Right to Sight: a global initiative to eliminate avoidable blindness. *Arch Ophthalmol*; 122:615-20.

Queiros A, González-Meijome JM, Jorge J, et al (2010). Peripheral refraction in myopic patients after orthokeratology. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 87:323-9.

Read SA, Collins MJ & Sander BP (2010). Human optical axial length and defocus. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 51:6262-6269.

Rose, Ka, et al (2008). Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children. *Ophthalmology*, vol. 115, no. 8, pp. 1279-1285.

Sankaridurg P, Donovan L, Varnas S (2010). Spectacle lenses designed to reduce progression of myopia: 12-month results. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 87:631-41.



Saw SM, Zhang MZ, Hong RZ, Fu ZF, Pang MH, Tan DT (2002). Near-work activity, night-lights, and myopia in the Singapore-China study. *Arch Ophthalmol*, vol. 120, pp. 620-627.

Seang MS, Katz J, Schein O, et al (1996). Epidemiology of myopia. *Epidemiol Rev*; 18:175-87.

Siatkowski RM, Cotter S, Miller JM, Scher CA, Crockett RS, Novack GD (2004): Safety and efficacy of 2% pirenzepine ophthalmic gel in children with myopia: a 1-year, multicenter, double-masked, placebo-controlled parallel study. *Arch Ophthalmol*; 122:1667-74.

Smith EL III, Hung L, Huang J, et al (2009). Hemiretinal form deprivation: evidence for local control of eye growth and refractive development in infant monkeys. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 50:5057-69.

Solans Barri T, García Sánchez J, Cárcelos Cárcelos JA, Martínez Puente A, Rodríguez Hernández JV, Martín-F. Lalaurie E (2003). Refracción ocular y baja visión. LXXIX Ponencia Oficial de la Sociedad Española de Oftalmología.

Spaide RF (2011). Applications for OCT Enhanced Depth Imaging. The technology is providing previously unavailable insights into choroidal pathologies. *Retina Today*. Cover story; 1:57-59.

Swarbrick H, Alharbi A, Watt K, Lum E (2010). Overnight orthokeratology lens wear slows axial eye growth in myopic children. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 51:1721.

Tabernero J, Vazquez D, Seidemann A, et al (2009). Effects of myopic spectacle correction and radial refractive gradient spectacles on peripheral refraction. *Vision Res*; 49:2176-86.

Tokoro T & Kabe S (1965). Treatment of the myopia and the changes in optical components. Report II. Full-or under-correction of myopia by glasses. *Nippon Ganka Gakkai Zasshi*; 69(2):140-4.

Tong L, Huang XL, Koh A, et al (2009). Atropine for the treatment of childhood myopia: effect on myopia progression after cessation of atropine. *Ophthalmology*; 116:572-9.

Vitale S, Sperduto RD, Ferris FL (2009). Increased prevalence of myopia in the United States between 1971-1972 and 1999-2004. *Arch Ophthalmol*; 127:1632-9.

Voo J, Lee DA & Oelrich FO (1998). Prevalence of ocular conditions among hispanic, white, asian, and black immigrant students examined by the UCLA Mobile Eye Clinic. *J.Am.Optom.Assoc*, vol. 59, pp. 255-261.

Walline JJ, Jones LA, Mutti DO, Zadnik K (2004). A randomized trial of the effects of rigid contact lenses on myopia progression. *Arch Ophthalmol*; 122:1760-6.

Walline JJ, Jones LA, Sinnott LT (2009). Corneal reshaping and myopia progression. *Br J Ophthalmol*; 93:1181-5.

Wallman J & Winawer J (2004). Homeostasis of eye growth and the question of myopia. *Neuron*, 43(4), 447-468.

Yanoff M, Cameron D (2011). Diseases of the visual system. In: Goldman L, Schafer AI, eds. *Goldman's Cecil Medicine*. 24th ed. Philadelphia, PA: Saunders Elsevier; chap 431.



Yanoff M, Duker J (2013). Epiretinal Membrane. Ophthalmology. 4th ed. Boston: Elsevier Health; 686-690.

Yen MY, Liu JH, Kao SC, Shiao CH (1989). Comparison of the effect of atropine and cyclopentolate on myopia. Ann Ophthalmol; 21:180-7.

Zhu X, Park TW, Winawer J, Wallman J (2005). In a matter of minutes, the eye can know which way to grow. Investigative Ophthalmology & Visual Science; 46:2238-41.



Anexo 1: Hoja de información para el paciente.

INFORMACIÓN

Efectos de una lente de contacto de gradiente de potencia en el grosor de coroides de jóvenes miopes.

Objetivo del estudio:

Participar en un estudio para determinar si la lente de contacto progresiva Amiopik aumenta el grosor corioideo. El análisis de los resultados formará parte de un Trabajo Final de Grado realizado por una estudiante de este último curso de título de Grado en Óptica y Optometría, en la FOOT.

Ha sido seleccionado como participante de este estudio ya que cumple los requisitos necesarios dentro del protocolo establecido.

Condiciones del estudio:

La prueba consistirá en una serie de medidas divididas en dos sesiones. Estas se realizarán en las instalaciones de la FOOT, sin interferir en horario de clases o prácticas.

Ninguna de las pruebas se considera de riesgo para el paciente ya que, en todo momento, se utilizan técnicas no invasivas.

Para cualquier duda o problema pueden ponerse en contacto con: Lluïsa Quevedo.
quevedo@oo.upc.edu



Anexo 2: Hoja de consentimiento del paciente.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, _____ con DNI _____ i _____ años, con domicilio a _____ provincia de _____, manifiesto que he sido informado por _____ sobre las características del estudio **“Efectos de una lente de contacto de gradiente de potencia en el grosor de coroides de jóvenes miopes”**.

Mi decisión de participar en el estudio es voluntaria y los resultados que se obtengan los podré utilizar en la realización de mis tareas académicas.

Declaro que todas mis dudas y preguntas han sido aclaradas, que he entendido toda la información que se me ha proporcionado. Por eso, doy mi consentimiento para participar en el estudio. Estoy de acuerdo en que mis datos relativos a este estudio sean guardados, procesados electrónicamente y transmitidos, por el cual doy mi consentimiento por qué se revele la información necesaria recogida durante el estudio para qué pueda ser procesada y difundida a la comunidad científica, sin que en ningún momento sea revelada mi identidad, puesto que entiendo que mis derechos de confidencialidad quedan protegidos.

Yo _____, a _____ de _____ de _____

Firma del/a paciente

Firma del investigador